

高層建築物人員避難之電腦模擬 與驗證 - 以台北 101 大樓為例



內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 97 年 12 月

097301070000G2026

高層建築物人員避難之電腦模擬與 驗證 - 以台北 101 大樓為例



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 97 年 12 月

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與目的	1
第二節 研究方法與步驟	2
第三節 研究範圍與限制	3
第二章 文獻探討	5
第一節 國內外法規	5
第二節 火災案例分析	16
第三節 消防避難演練相關研究	27
第四節 火災避難模擬軟體簡介	34
第三章 台北 101 大樓之防火及避難設計	47
第一節 建築物概述	47
第二節 人員及避難特性	57
第三節 防災應變及消防避難演練	82
第四章 台北 101 大樓避難情境模擬及分析	95
第一節 美國 WTC 大樓之逃生避難模擬	95
第二節 台北 101 大樓有關避難模擬研究	103
第三節 台北 101 大樓避難情境探討	108

第四節 台北 101 大樓避難模擬結果分析·····	110
第五章 結論與建議·····	113
附錄 各審查會議紀錄與處理情形·····	117
參考書目·····	125



表次

表 2-1	高層建築物防火避難之相關法規一覽表	6
表 2-2	以WTC大樓辦公室用途為例之國內外法規最小樓梯設計規定比較	14
表 2-3	以WTC大樓辦公室用途為例之國內外法規中容留人數規定比較	15
表 2-4	以WTC大樓辦公室用途為例之國內外法規樓梯疏離度規定比較	15
表 2-5	中國石油股份有限公司消防演練時間紀錄表	31
表 2-6	國內外避難演練案例特性整理表	32
表 2-7	buildingEXODUS 空間幾何之建構方式	37
表 2-8	buildingEXODUS 4.0 版新增與修正項目	39
表 2-9	SIMULEX 設定之體型尺寸表	42
表 2-10	SIMULEX 不同人群模式之男女分布	44
表 3-1	台北 101 金融大樓建築規模簡介	47
表 3-2	101 塔樓各樓層面積、用途及容留人數	48
表 3-3	台北 101 大樓加壓走道壓力值及樓梯加壓值	59
表 3-4	台北 101 大樓塔樓樓梯對照表	62
表 3-5	台北 101 大樓電梯停靠樓層配置表	66
表 3-6	台北 101 大樓之電梯性能規格表	81
表 3-7	台北 101 大樓緊急應變狀況區分表	85
表 3-8	台北 101 大樓防災應變指揮中心組織構成	89
表 3-9	台北 101 大樓防災應變指揮指揮所、指揮站組織構成	89
表 3-10	台北 101 大樓歷年之消防及避難演練	91
表 3-11	台北 101 大樓 96 下半年避難演練結果	91
表 3-12	台北 101 大樓 97 上半年避難演練結果	93
表 4-1	WTC 大樓避難模擬條件矩陣表	97
表 4-2	WTC 大樓階段避難模擬結果	98
表 4-3	WTC 大樓不同容留人數所模擬之全部避難時間	100
表 4-4	2001.9.11 WTC1 及 WTC2 全員容留模擬避難結果	101
表 4-5	台北 101 大樓不同避難途徑撤離建築物之設定	103
表 4-6	台北 101 大樓全棟電梯避難估計所需時間	104
表 4-7	台北 101 大樓電梯避難與全棟樓梯避難時間之比較	105
表 4-8	台北 101 大樓各種避難模擬方式及結果	106

圖次

圖 2-1	1993 年 WTC 雙塔受到爆炸攻擊之破壞情景	24
圖 2-2	瑪莎百貨皇家大道店地面層平面圖	27
圖 2-3	瑪莎百貨皇后街店地面層平面圖	28
圖 2-4	瑪莎百貨 sprucefield 店平面圖	28
圖 2-5	瑪莎百貨 culverhouse cross 店平面圖	29
圖 2-6	buildingEXODUS 各子模式之相互關係	34
圖 2-7	SIMULEX 有關行走速度與人員距離之關係	41
圖 2-8	SIMULEX 對於人體之定義	42
圖 2-9	SIMULEX 中避難人員之超越角	43
圖 2-10	SIMULEX 中不同方向阻礙下之超越路線圖	43
圖 2-11	SIMULEX 之距離地圖	45
圖 3-1	台北 101 大樓各項防災設備架構圖	54
圖 3-2	台北 101 大樓防災中心監視控制與防災設備示意圖	55
圖 3-3	台北 101 大樓標準層辦公層平面圖	58
圖 3-4	台北 101 大樓機械設備層之安全避難室示意圖	60
圖 3-5	台北 101 大樓典型機械設備層平面圖	61
圖 3-6	台北 101 大樓塔樓轉換層配置圖	63
圖 3-7	台北 101 大樓之垂直運輸系統	65
圖 3-8	台北 101 大樓營運防火安全管理對策體系架構	83
圖 3-9	台北 101 大樓自衛消防編組架構	84
圖 3-10	台北 101 大樓有關一般狀況之防災應變作業程序	86
圖 3-11	台北 101 大樓有關緊急狀況之防災應變作業程序	87
圖 3-12	台北 101 大樓有關重大緊急狀況之防災應變作業程序	88
圖 4-1	人員密度函數的特定流動率	95
圖 4-2	高層建築的估計疏散時間	96
圖 4-3	WTC 大樓不同容留人數之全棟避難模擬結	99

摘要

關鍵詞：人員避難、高層建築物、電腦模擬、台北 101 大樓、美國世貿中心

一、研究緣起

建築物在使用期間，其使用人員能否清楚了解避難動線、走廊樓梯位置等建築設計，對於遇火災情況時，能否順利避難、成功逃生具有決定性影響。又消防法規要求 11 層以上建築物等應有消防防護計畫，據以實施避難訓練。然事實上，一般民眾對於防火避難，大多一知半解或完全陌生，而國內大樓能確實實施全棟避難訓練者又不多(大多數大樓從未實施避難演練)，因此實際遇上火災時慌亂無章，增加許多危險性；此情形正是高層建築公共安全上的一大隱憂。

本研究期望能應用 buildinEXODUS 軟體模擬高層建築物人員避難，探討提供作為缺乏實施全棟避難訓練大樓之替補方案之可行性。然為了解模擬結果的正確性，希以國內最具代表性大樓 - 101 金融大樓為模擬對象，並從驗證過程中找出最適之避難有關設定參數(如容留人員組成、比例)，提供廣泛大樓案例模擬時參考使用。

二、研究方法與過程

- (一) 進行國內外文獻資料之蒐集；包括避難模擬軟體、演練驗證方法、台北 101 金融大樓有關避難研究資料等。
- (二) 針對選定之建築物(台北 101 金融大樓)進行實際調查，包括其空間、設施、利用形態等使用特性、實際收容人員數、屬性及其例次避難演練之記錄資料，供避難評估計算之參數。必要時，配合台北 101 金融大樓進行避難模擬演練時機，赴現場觀察各避難節點觀察人員避難時之行為特性、避難時間與速度。
- (三) 建立選定案例之空間、人員數值資料，以 buildingEXODUS 軟體模擬火災發生後人員避難情況及避難時間，結合實際演練觀察所得結果進行避難安全評估分析探討。
- (四) 將電腦模擬評估結果與實際避難演練結果進行交叉比較分析，藉以探討避難逃生評估模式中本土適用之相關設定參數。

三、 重要發現

- (一) 依文獻檢討,有關高層建築物之特別安全梯寬度規定,美國 NFPA 與國際建築規範(IBC)則因 911 事件修正基準值,規定超高層建築物應增設安全梯並採用較寬敞樓梯,此對人員疏散避難時間能有不錯助益(縮短全動人員避難時間);該項修正(樓高超過 128 m 者增加安全梯一座且寬度增加 50%)值得我國進一步研究參採。
- (二) 我國現行建築技術規則未明確規範各類場所之容留人數密度,而依建築技術規則總則編第三條之四第三項規定訂定「防火避難綜合檢討報告書申請認可要點」,在其中有關避難計畫之避難人數一節,規定了各類組建築物之使用人數密度。其中對於辦公室使用人數所採用基準值(0.3 人/m^2)比起美國所用者(約 0.11 人/m^2)還高出 2 倍,故如在相同建築物、相同安全梯內進行避難,勢必對於避難時樓梯間之人員擁擠現象產生加成效應,且造成避難時間延長,因此前項增加安全梯寬度規定有利於改善此情形。
- (三) 歐美國家重視之直通樓梯疏離度(平面配置距離),在我國法規中類似於至兩座直通樓梯之步行路徑(距離)重複部份,就高層建築物而言,最大重複距離應為 20m。另依我國消防法規,高層建築物均有要求設置自動撒水設備,故此距離相較於美國規定還算稍微嚴格。
- (四) 高樓(超高層建築)之人員避難安全,須依賴大樓的防火避難設施、避難管理作為及避難人員的行為等是否合宜而定。大樓的防火避難設施依照法規設計施工,可提供一個安全的避難路徑環境,而避難管理作為須靠消防防護計畫或營運防災計畫有關人員組織、處置措施加以實現,並期望避難人員的行為能夠依循預定計畫正常順利。
- (五) 本案所使用電腦避難模擬(buldingEXODUS)前提條件係在安全的避難路徑環境中進行,避難人員的行為係依照指定方式(亦即避難管理作為運作順利),故模擬避難時間較實際災例情況所需時間還短少,雖非真實災情之避難時間,然在應用上可提供不

同情境狀況之比較，亦可供加強消防防護計畫之參考依據。

(六)依台北 101 大樓全棟避難模擬結果(情境一至情境六)，在沒有妥善之避難規劃時，避難人員無法得知另一樓梯使用之狀況，而發生樓梯內或出口處局部擁擠之現象；倘指定避難目標出口的情形下，兩者時間相差約 22~30 分鐘(後者避難時間可縮減約達 26~31%)。此可供高層建築物規劃人員避難逃生計畫時參考，例如一旦發生須全棟避難事故時，防災中心可透過廣播指揮不同樓層人員經由指定樓梯向下疏散避難。

(七)依台北 101 大樓高樓層段(84~89F)避難模擬結果(情境七、八)，避難至中樓層段之轉換層或設備層(含安全避難室)，在時間上可節省約 117%。由此可知，如超高層大樓設置中間避難層，在大樓遭遇火災時，能夠迅速提供一個安全無虞的避難空間，可縮減人員避難恐慌心理的時間，亦可節省人員體力上的負荷。

(八)依台北 101 大樓中樓層段(61~68F)避難模擬結果(情境九~十一)，避難至起火層之直下 3 層(階段避難方式)在避難時間上最短，其次為避難至轉換層或設備層。由此可知，如大樓發生之火災災情不嚴重的話(如僅僅是小火警)，在相當短時間內即可疏散附近樓層(4~8 個樓層)人群，且不會干擾影響到其他樓層，採用此法應是大樓營運管理中不錯之緊急應變措施。

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

依目前高樓疏散避難機制來看，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，有效縮減避難時間，在短時間內提供一處人員可到達之安全空間，改善樓梯內

避難人群擁擠情形，且減緩人員避難時恐慌心理、節省人員體力等。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。對於新建超高層建築物，如要求增設「中間避難層」，將可大幅提高其緊急應變能力。

建議二

近期建議：消防防護計畫中有關人員避難演練應用電腦模擬預做評估。

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：內政部建築研究所

綜合本研究及國內其他文獻探討，消防防護計畫中有關人員避難演練，確實對於火災等事故之人員緊急應變及避難計畫具有重要影響。從電腦模擬可以協助調整修正避難計畫，如避難路徑之引導(藉由緊急廣播)及安全梯指定、疏散樓層數、階段避難或全棟避難之最佳時機...等。未來消防機關對於高層或超高層建築之消防避難演練，可以考慮應用電腦模擬預做評估，可提供科學性建議，而減少嘗試錯誤方式的演練。

建議三

中期建議：應用火災模擬加避難模擬之同步複合模式進行模擬。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

考慮真實火災避難中可能會有不利安全的避難路徑環境的情形，為能更加準確模擬火場情境對人員避難之影響，可以使用火災模擬加上避難模擬之同步複合模式進行模擬，如 FDS + Evac 軟體（NIST 與 VTT 合作開發），建議未來後續研究可以進行比較分析。

ABSTRACT

Keywords : Occupant evacuation, High-rise building, Computer simulation, Taipei 101 Tower Building, World Trade Center (WTC)

In this study, the computer simulation software, *buildingEXODUS* was applied and expected to simulate the occupant behaviors during evacuation in high-rise building to explore the feasibility that the simulation provides as an alternative for the practice of fire drill of building. To investigate if the result is correct, the best model building in Taiwan—Taipei 101 Tower Building was selected for studying. In the process of validation the optimal parameters relating to evacuation, e.g. the composition of occupant and its ratio were chosen to provide for reference of the general building cases.

There were several findings can be summarized as follows:

1. Based on the literature review, the approved proposals of IBC on an additional (third) stairway and an increase of 50% in the width of exit stairway are recommended to adopt in Taiwan.
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 Fire Safety Management Scheme of tall building should be completely carried out for ensure the life safety of fully-occupied building.
4. The occupant evacuation safety in high (or ultra-high-)rise building is dependent on the egress facilities, management manner, and the behavior of occupant. In this study, the conditions for simulation were based on the assumption that people move in the safe stairway in an assigned manner, therefore the simulated evacuation time is less than the accurate time in real fire accident. However the simulated evacuation time is useful for comparison between different conditions, and also can be provided for reference of fire protection plan.
5. According to the total evacuation simulations (scenario 1-6), the cases that assigning the exit showed the less evacuation time by 22-30 min. This also indicate that in the case of disaster needed to evacuate the total occupant,

the fire command center could guide the evacuation through the assignment of exit.

6. According to the evacuation simulations that the occupant moved from high storey (scenario 7-8), the middle safe refuge floor can swiftly provide the evacuation safety zone. It not only reduce the people to suffer the scare while evacuation, but also save the loading of physical capacity.
7. According to the evacuation simulations that the occupant moved from middle storey (scenario 9-11), the phase evacuation showed an efficient strategy to quickly remove occupants. It can be used as an emergent management measure in operation management of high-rise building.



第一章 緒 論

第一節 研究緣起與目的

壹、研究緣起背景

國內都市地區高樓林立，近些年來高層住宅、辦公大樓再揚起興建風潮，雖然國內對於高層建築物之建築、消防等設計規定向來嚴格，加上自 93 年建築法規規定對於超過 25 層高樓要求提具防火避難綜合檢討計畫書、評定書，並經中央主管機關認可，國內高層建築物之防火避難安全應無問題。然而建築物在使用期間，其使用人員能否清楚了解避難動線、走廊樓梯位置等建築設計，對於遇火災情況時，能否順利避難、成功逃生具有決定性影響。又消防法規要求 11 層以上建築物等應有消防防護計畫，據以實施避難訓練。然事實上，一般民眾對於防火避難，大多一知半解或完全陌生，而國內大樓能確實實施全棟避難訓練者又不多（大多數大樓從未實施避難演練），因此實際遇上火災時慌亂無章，增加許多危險性；此情形正是高層建築公共安全上的一大隱憂。

上年度研究「美國世貿中心中心事件避難行為影響因子探討與應用」，瞭解到人員避難模擬軟體應用於建築火災避難安全評估已有相當時日，美國 NIST 曾使用如 Simulex、buildingEXODUS、EXIT89、ELVAC 等軟體工具進行 WTC 雙塔之人員避難模擬，包括 5 次全員全棟避難及 1 次階段避難之模擬。從結果中可知 EXODUS 模擬對於不論人數、樓層數多寡之情境條件之適用性較優；另依 NIST 報告，指出分階段避難 (phased evacuation) 比起全員全棟避難 (full building evacuation)，更能快速移動處於最危險之容留人員至相對安全地點。

綜上所述，本研究期望能應用 buildinEXODUS 軟體模擬高層建築物人員避難，探討提供作為缺乏實施全棟避難訓練大樓之替補方案之可行性。然為了解模擬結果的正確性，希以國內最具代表性大樓-101 金融大樓為模擬對象，並從驗證過程中找出最適之避難有關設定參數（如容留人員組成、比例），提供廣泛大樓案例模擬時參考使用。

貳、研究目的

本研究目的包括：

1. 完成國內超高層建築物（台北 101 金融大樓）實際避難演練結果之模擬分析，並據以研提適宜之避難參數設定值。
2. 驗證電腦避難模擬應用作為高層建築物防火管理機制有關避難演練項目替補方案之可行性。
3. 提供高層建築物改善防火避難設施或人員避難計畫之性能設計評估工具。
4. 驗證國內建築防火避難性能綜合檢討設計(Route B)所用避難設計有關數據是否合理。

第二節 研究方法與步驟

本研究方法與步驟包括：

1. 進行國內外文獻資料之蒐集；包括避難模擬軟體、演練驗證方法、台北 101 金融大樓有關避難研究資料等。
2. 針對選定之建築物（台北 101 金融大樓）進行實際調查，包括其空間、設施、利用形態等使用特性、實際收容人員數、屬性及其例次避難演練之記錄資料，供避難評估計算之參數。必要時，配合台北 101 金融大樓進行避難模擬演練時機，赴現場觀察各避難節點觀察人員避難時之行為特性、避難時間與速度。
3. 建立選定案例之空間、人員數值資料，以 buildingEXODUS 軟體模擬火災發生後人員避難情況及避難時間，結合實際演練觀察所得結果進行避難安全評估分析探討。
4. 將電腦模擬評估結果與實際避難演練結果進行交叉比較分析，藉以探討避難逃生評估模式中本土適用之相關設定參數。

第三節 研究範圍與限制

壹、研究範圍

本研究所指高層建築物係依建築技術規則「第十二章高層建築

物」有關定義，亦即高度在 50 公尺或樓層在 16 層以上之建築物。至於文中提及超高層建築物，係參酌前揭規則總則編第三條之四，有關「應檢具防火避難綜合檢討報告書及評定書，或建築物防火避難性能設計計畫書及評定書」之建築物包括高度達 25 層或 90 公尺以上之高層建築物；是以一般所稱超高層建築物即以此標準予以認定。

另外，本研究係以台北 101 大樓為主要研究對象，雖然該大樓係由塔樓及裙樓所構成，然本研究目的為高層建築物之避難課題探討，故僅針對塔樓加以研究，且不包含地下層部分。

貳、研究限制

本研究對象以台北 101 大樓為例，該大樓各樓層使用用途、容留人員數，乃至緊急應變、消防自衛編組等計畫內容，均以至 97 年 10 月份為止之資料為準，日後如有修正，亦屬於正常。

本研究之避難模擬係採用國際知名軟體 buildingEXODUS 進行模擬分析，然受限於版本(並非最新版本)，或許模擬結果可能有些差異。另外，對於所需輸入之人員特性，係依據台北 101 大樓管理單位提供之調查結果(僅為大概之調查資料)，此外避難影響參數等相關數據，係採用軟體預設質或在合理範圍內自行假設。

第二章 文獻探討

第一節 國內外法規

壹、我國高層建築規定

一、高層建築物之定義

民國 79 年本所（籌備處）曾召開「中日高層建築技術準則與管理制度研討會」中，各分組對超高層建物的定義不同；（1）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；（2）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；（3）建築設備組則未針對超高層建築物加以定義；（4）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 棟建築物達到建築技術規則所規定高度達 16 層或 50 公尺以上之高層建築物；其中臺北 101 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 85 東帝士大樓（地上 85 層、高度達 348 公尺）、長谷建設大樓（地上 50 層）等，或是將於民國 102 年完工之臺北雙子星大樓，均為著名之超高層建築物。

二、防火避難之相關法規

政府為保障人民之生命財產安全，對於高層建築在都市計畫法、建築法與消防法內均有訂定相關法規。下表為高層建築物防火避難之相關法規之彙整，如表 2-1 所示。



表 2-1 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商一、商二、商三、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商一、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商一、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。
	建築技術規則第 3 章(96.5.3)		
建築設計施工編第 70 條	防火構造建築物主要構造部分之防火時效		自頂層起算不超過四層之各樓層，主要構造之柱、樑、承重牆壁、樓地板之防火時效均為 1 小時；自頂層起算超過第四層至第十四層之各樓層，柱、樑、樓地板之防火時效為 2 小時，承重牆壁為 1 小時；自頂層起算第十五層以上之各樓層，柱、樑之防火時效均為 3 小時，承重牆壁、樓地板為 2 小時。不論樓高，屋頂之防火時效均為半小時。
建築設計施工編第 79 條	防火構造建築物之面積防火區劃		防火構造建築物總樓地板面積在一、五〇〇平方公尺以上者，應按每一、五〇〇平方公尺，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與該處防火構造之樓地板區劃分隔。防火設備並應具有一小時以上之阻熱性。應予區劃範圍內，如備有效自動滅火設備者，得免計算其有效範圍樓地板面積之二分之一(即防火區劃面積得加倍)。
建築設計施工編第 79 條之 2	防火構造建築物之垂直防火區劃		防火構造建築物內之挑空部分、電扶梯間、安全梯之樓梯間、升降機道、垂直貫穿樓板之管道間及其他類似部分，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與該處防火構造之樓地板形成區劃分隔。 <u>升降機道裝設之防火設備應具有遮煙性能。</u> 管道間之維修門並應具有一小時以上防火時效及遮煙性能。 <u>前項升降機道前設有升降機間且併同區劃者，升降機間出入口裝設有遮煙性能之防火設備時，升降機道出入口得免受應裝設具遮煙性能防火設備之限制；升降機間出入口裝設之門非防火設備但開啟後能自動關閉且具有遮煙性能時，升降機道出入口之防火設備得免受應具遮煙性能之限制。(斜體.施行日期另定)</u>
建築設計施工	防火構造建		防火構造建築物之樓地板應為連續完整面，並應突出建築物外牆五十公分以上。但與樓板交接處之外牆面高度有九十公分以上，且該外牆構造具有與

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

<p>編第 79 條之 3</p>	<p>建築物之層間區劃(防止上層延燒)</p>	<p>樓地板同等以上防火時效者，得免突出。外牆為帷幕牆者，其牆面與樓地板交接處之構造，應依前項之規定。</p>
<p>建築設計施工編第 83 條</p>	<p>防火構造建築物之十一樓以上部分面積防火區劃</p>	<p>建築物自第十一層以上部分，除依第七十九條之二規定之垂直區劃外，應依左列規定區劃：一、樓地板面積超過一〇〇平方公尺，應按每一〇〇平方公尺範圍內，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與各該樓層防火構造之樓地板形成區劃分隔。但建築物使用類組 H-2 組使用者，區劃面積得增為二〇〇平方公尺。二、自地板面起一二公尺以上之室內牆面及天花板均使用耐燃一級材料裝修者，得按每二〇〇平方公尺範圍內，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與各該樓層防火構造之樓地板區劃分隔；供建築物使用類組 H-2 組使用者，區劃面積得增為四〇〇平方公尺。三、室內牆面及天花板（包括底材）均以耐燃一級材料裝修者，得按每五〇〇平方公尺範圍內，以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備與各該樓層防火構造之樓地板區劃分隔。四、前三款區劃範圍內，如備有效自動滅火設備者得免計算其有效範圍樓地面板面積之二分之一(即防火區劃面積得加倍)。五、第一款至第三款之防火門窗等防火設備應具有一小時以上之阻熱性。</p>

表 2-1 高層建築物防火避難之相關法規一覽表 (續)

建築設計施工 編第 85 條	貫穿防火區劃	貫穿防火區劃牆壁或樓地板之風管，應在貫穿部位任一側之風管內裝設防火閘門或閘板，其與貫穿部位合成之構造，並應具有一小時以上之防火時效。貫穿防火區劃牆壁或樓地板之電力管線、通訊管線及給排水管線或管線匣，與貫穿部位合成之構造，應具有一小時以上之防火時效。
建築設計施工 編第 85 條之 1	防火區劃牆壁之設備開關控制箱	各種電氣、給排水、消防、空調等設備開關控制箱設置於防火區劃牆壁時，應以不破壞牆壁防火時效性能之方式施作。前項設備開關控制箱嵌裝於防火區劃牆壁者，該牆壁仍應具有一小時以上防火時效。
建築設計施工 編第 86 條	分戶牆及分間牆構造	分戶牆及分間牆構造依左列規定：一、連棟式或集合住宅之分戶牆，應以具有一小時以上防火時效之牆壁及防火門窗等防火設備與該處之樓板或屋頂形成區劃分隔。二、建築物使用類組為 A 類、D 類、B-1 組、B-2 組、B-4 組、F-1 組、H-1 組、總樓地板面積為三〇〇平方公尺以上之 B-3 組及各級政府機關建築物，其各防火區劃內之分間牆應以不燃材料建造。但其分間牆上之門窗，不在此限。三、建築物使用類組為 B-3 組之廚房，應以具有一小時以上防火時效之牆壁及防火門窗等防火設備與該樓層之樓地板形成區劃，其天花板及牆面之裝修材料以耐燃一級材料為限，並依建築設備編第五章第三節規定。
建築設計施工 編第 88 條	內部裝修材料	G 類(辦公、服務類) 如為居室，內部裝修材料須為耐燃三級以上，通達地面之走廊及樓梯者，須為耐燃二級。十一層以上部分，每二〇〇平方公尺以內有防火區劃之部分，如為居室，內部裝修材料須為耐燃二級以上，通達地面之走廊及樓梯者，須為耐燃一級。每五〇〇平方公尺以內有防火區劃之部分，居室及通達地面之走廊及樓梯部份，內部裝修材料須為耐燃一級。如裝設自動滅火設備者，所列面積得加倍計算之。
建築技術規則第 4 章(96.5.3)		
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，並應裝設具有一小時以上防火時效之防火門。
建築設計施工 編第 92 條	走廊構造	走廊寬度依用途、配置，至少一 二〇公尺以上。各層連接直通樓梯之走廊牆壁及樓地板應具有一小時以上防火時效，並以耐燃一級材料裝修為限。
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。
建築設計施工	二座以上之	八層以上之建築物，應自各該層設置二座以上之直通樓梯達避難層或地面。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

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

編第 95 條	直通樓梯	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。
建築設計施工 編第 97 條	安全梯之構造	<p>全梯之構造，依左列規定：</p> <p>一、室內安全梯之構造：(一)安全梯間四周牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上防火時效，天花板及牆面之裝修材料並以耐燃一級材料為限。</p> <p>(二)進入安全梯之出入口，應裝設具有一小時以上防火時效且具有半小時以上阻熱性且具有遮煙性能之防火門，並不得設置門檻；其寬度不得小於九十公分。<u>(斜體:施行日期另定)</u>(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，應與同幢建築物之其他窗戶或開口相距九十公分以上。</p>



表 2-1 高層建築物防火避難之相關法規一覽表 (續)

建築法	建築設計施工 編第 97 條	安全梯之構造	<p>二、戶外安全梯之構造：(一)安全梯間四週之牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上之防火時效。(二)安全梯與建築物任一開口間之距離，除至安全梯之防火門外，不得小於二公尺。但開口面積在一平方公尺以內，並裝置具有半小時以上之防火時效之防火設備者，不在此限。(三)出入口應裝設具有一小時以上防火時效且具有半小時以上阻熱性之防火門，並不得設置門檻，其寬度不得小於九十公分。但以室外走廊連接安全梯者，其出入口得免裝設防火門。(四)對外開口面積（非屬開設窗戶部分）應在二平方公尺以上。</p> <p>三、特別安全梯之構造：(一)樓梯間及排煙室之四週牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上防火時效，其天花板及牆面之裝修，應為耐燃一級材料。管道間之維修孔，並不得開向樓梯間。(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臺外牆開設之開口，除開口面積在一平方公尺以內並裝置具有半小時以上之防火時效之防火設備者，應與其他開口相距九十公分以上。(三)自室內通陽臺或進入排煙室之出入口，應裝設具有一小時以上防火時效及半小時以上阻熱性之防火門，自陽臺或排煙室進入樓梯間之出入口應裝設具有半小時以上防火時效之防火門。(四)樓梯間與排煙室或陽臺之間所開設之窗戶應為固定窗。(五)建築物達十五層以上或地下層三層以下者，各樓層之特別安全梯，如供建築物使用類組 A-1、B-1、B-2、B-3、D-1 或 D-2 組使用者，其樓梯間與排煙室或樓梯間與陽臺之面積，不得小於各該層居室樓地板面積百分之五；如供其他使用，不得小於各該層居室樓地板面積百分之三。</p> <p>安全梯之樓梯間於避難層之出入口，應裝設具有一小時防火時效之防火門。建築物各棟設置之安全梯，應至少有一座於各樓層僅設一處出入口且不得直接連接居室。</p>
	建築設計施工 編第 106 條	緊急用昇降機設置標準	<p>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。</p>
	建築設計施工 編第 107 條	緊急用昇降機之構造規定	<p>緊急用昇降機之構造應依下列規定：</p> <p>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) 每座昇降機占樓地板面積不得小於十平方公尺。(六) 應於明顯處所標示昇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。</p> <p>二、機間在避難層之位置，自昇降機出口或昇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。</p> <p>三、機道應每二部昇降機以防火牆隔開。但川堂部分及連接機械間之鋼索、電線等周圍，不在此限。</p> <p>四、應有能使設於各層及機廂之昇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。</p> <p>五、應設有連絡機廂與管理室間之電話系統裝置。</p> <p>六、應設有使機廂門維持開啟狀態仍能昇降之裝置。</p>

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

		<p>七、應設置緊急電源或戶外供電接頭。</p> <p>八、昇降速度不得小於每分鐘六十公尺。</p>
--	--	--



表 2-1 高層建築物防火避難之相關法規一覽表 (續)

	建築技術規則第 12 章 (96.5.3)		
建築法	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。
	建築設計施工 編第 242 條	防火區劃	高層建築物升降機道 <u>併同升降機間</u> 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處防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。 <u>升降機間出入口裝設之防火設備應具有遮煙性能。</u> 連接升降機間之走廊，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層防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。 <u>(斜體:施行日期另定)</u>
	建築設計施工 編第 243 條	燃氣設備	高層建築物地板面高度在五十公尺或樓層在十六層以上部分，除住宅、餐廳等係建築物機能之必要時外，不得使用燃氣設備。高層建築物設有燃氣設備時，應將燃氣設備集中設置，並設置瓦斯漏氣自動警報設備，且與其他部分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層防火構造之樓地板予以區劃分隔。
	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撒水設備。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。

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

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。
防火避難綜合 檢討報告書申 請認可要點 (94.10.14)	避難計畫之 避難人數(容 留人員密度)	依建築技術規則總則編第三條之四第三項規定訂定，由申請人備具申請書、防火避難綜合檢討報告書及防火避難綜合評定書，向中央主管建築機關申請辦理。評定書應由申請人檢具防火避難綜合檢討報告書向中央主管建築機關指定之機關(構)、學校或團體辦理。避難計畫之避難人數，依下計算： B-4 旅館：客房區，住房人數 $\times 1.1$ ，餐廳 0.75 (人/m ²)，宴會廳 1.00 (人/m ²)，會議廳：固定席位部分，以實際席位數計。無固定席位者 0.75~1.45 (人/m ²)，站席 2.00 (人/m ²)。G-2 辦公場所：辦公區 0.30 (人/m ²)，會議室 0.60 (人/m ²)。H-2 住宅：0.08 (人/m ²)。



表 2-1 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(96.11.01)		
	第 12 條	場所用途分類	辦公室屬於乙類第六款場所
	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。
	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。
	第 189 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降機間排煙室之排煙設備，依下列規定選擇設置： 一、設置直接面向戶外之窗戶時，應符合下列規定：(一)在排煙時窗戶與煙接觸部分使用不燃材料。(二)窗戶有效開口面積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在二平方公尺以上。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)，應在三平方公尺以上。(四)前目平時關閉之窗戶設手動開關裝置，其操作部分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、進風風管時，應符合下列規定：(一)排煙設備之排煙口、排煙風管、進風口、進風風管及其他與煙接觸部分應使用不燃材料。(二)排煙、進風風管貫穿防火區劃時，應在貫穿處設防火閘門，該閘門應符合排煙設備用閘門認可基準之規定；該風管與貫穿部位合成之構造應具所貫穿構造之防火時效；其跨樓層設置時，立管應置於防火區劃之管道間。但設置之風管具防火性能並經中央消防主管機關認可，該風管與貫穿部位合成之構造具所貫穿構造之防火時效者，不在此限。(三)排煙口位於天花板高度二分之一以上之範圍內，與直接連通戶外之排煙風管連接，該風管並連接排煙機。 25 風口位於天花板高度二分之一以下之範圍內；其直接面向戶外，開口面積在一平方公尺(兼用時，為一點五平方公尺)以上；或與直接連通戶外之進

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

		風風管連接，該風管並連接進風機。(四)排煙機、進風機之排煙量、進風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、進風口開啟而自動啟動。(五)進風口、排煙口依前款第四目設手動開關裝置及探測器連動自動開關裝置；除該等裝置或遠隔操作開關裝置開啟外，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。(六)排煙口、進風口、排煙機及進風機連接緊急電源，其供電容量應供其有效動作三十分鐘以上。
第 190 條	免設排煙設備	集合住宅及建築物在第十一層以上之各樓層、地下層或地下建築物（地下層或地下建築物之甲類場所除外），樓地板面積每一百平方公尺以下，以具一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及各該樓層防火構造之樓地板形成區劃間隔，且天花板及室內牆面，以耐燃一級材料裝修者。



貳、美國建築規範

為便於說明，謹參考引用上年度研究報告有關美國世貿中心大樓為例相關規定。

一、避難規定

(一)國際建築規範(IBC)

2000年國際建築規範的第10章要求每人 9.29m^2 (初估面積 100ft^2)，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 [98 ft])。

(二)NFPA 5000 與 NFPA 101 - 生命安全規範

每個WTC塔的粗估面積為 $3,990\text{m}^2$ ($42,850\text{ft}^2$)。對於商業用途而言，該規範(表7.3.3.1)要求每人約需 9.29m^2 (100ft^2)，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WTC 1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。

二、我國與美國建築避難規定比較

(一)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2-2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。

美國近來建築法規審查檢討會議業討論NIST針對WTC事件所提案建議事項，預定2009年版的IBC會針對高層建築物之避難逃生

樓梯增修有關條文:(1)對於樓高超過 128 m(420 ft)的大樓將要求增設一座避難逃生樓梯；(2)對於樓地板面積超過 1,394 m²(15,000 ft²)之新建設有撒水設備的大樓，將要求避難逃生樓梯寬度須增加 50%。

表 2-2 以 WTC 大樓辦公室用途為例之國內外法規最小樓梯設計規定比較

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

(二)容留人數規定比較

依據前述的建築物分類，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 2004 年 1 月 9 日頒布台內營字第 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 3,990m²，淨面積為 3,400m²，核心空間約 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)(表 2-3)。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 56cm【22 英吋】寬度通道)，即 363cm (143 英吋)；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 419cm (165 英吋)。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。

表 2-3 以 WTC 大樓辦公室用途為例之國內外法規中容留人數規定比較

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)
WTC 樓層平面辦公室用途建築物之容留避難人數	690 人 辦公區 0.30(人/m ²)	428 人	428 人	390 人

(三)樓梯疏離度規定比較

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 (180 英尺)。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 (98 英尺)。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 (表 2-4)。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。

表 2-4 以 WTC 大樓辦公室用途為例之國內外法規樓梯疏離度規定比較

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)
WTC 樓層平面辦公室用途建築物之 2 座安全梯分隔距離	辦公室之步行距離 50m, 15 層以上為 40m。重複步	30m(具撒水設備,樓層最大對角線長度之 1/3)或	30m(具撒水設備,樓層最大對角線長度之 1/3)或	55m(具撒水設備,最長步行距離之 1/3)或 82m(無撒

	行距離 20m。	45m(無撒水設備，樓層最大對角線長度之 1/2)	45m(無撒水設備，樓層最大對角線長度之 1/2)	水設備，最長步行距離之 1/2)
--	----------	---------------------------	---------------------------	------------------



第二節 火災案例分析

壹、重要避難逃生經驗之災例

高層大樓發生火災，往往吸引不少人的注意，尤其像美國世貿中心大樓（WTC）因恐怖攻擊造成火災進而倒塌的事件，更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，有許多教訓的經驗是來自高層建築火災案例的分析。

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18m(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3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27m(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，裝設自動撒水系統的必要性，且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。紐約市第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段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，第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1.2m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1,500人。塔樓長為76m、寬為20m，中間連接部分長為24m、寬為21m。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。

八、臺北市六福大樓火災案例

1992年8月28日23時26分位於臺北市萬華區漢口街2段54號10樓之六福大樓發生火災，共造成3人死亡、受傷3人。六福大樓樓高35公尺，總樓地板面積為20,672平方公尺為地上10層地下2層鋼筋混凝土造，整棟大樓為遊樂場、商店、保齡球館、MTV、夜總會、戲院、餐廳等綜合性之供公眾使用建築物。28日23時26分十樓麗晶餐廳火警後，始料未及在清理火場收拾裝備時，發現另有3名消防隊員攜水帶及瞄子因公殉職於第10樓東北側電梯內。該大樓內部配置有二座電梯，分設在大樓東北側及西南側，另設有三座室內梯道及一座室外安全梯，係舊有供公眾使用建築物；該大樓因七樓電梯被木板封住，平時不得出入，而八、九樓電梯則設電鎖控制，現場搶救之3名消防隊員可能為了快速搶救受困之災民，未依規定必須使用該大樓室內梯或室外安全梯，想採取捷徑抵達9樓佈水線，不幸因9樓電梯設電鎖控制，無法開啟造成殉職。

九、台中市金沙國際商業大樓火災

民國2005年2月26日16時18分，位於台中市中區建國路105-1號，地上22樓地下6樓的金沙國際商業大樓，因第18層裝潢施工不慎引發大火，共造成4人死亡、3人受傷，而其中2名死者本來要搭

貨梯逃生，但因電梯卻故障，停在 18 樓，兩個人活生生被噶死在第 18 樓的電梯中。

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、美國世貿中心大樓過去事件

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0.30m乘上0.45m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800m²(9,000ft²)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35,000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10萬人在曼哈頓從大樓撤離。不過，後來有很多人是不願意離開大樓，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，1,042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嗆傷。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1,042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1,000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2-1)，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。

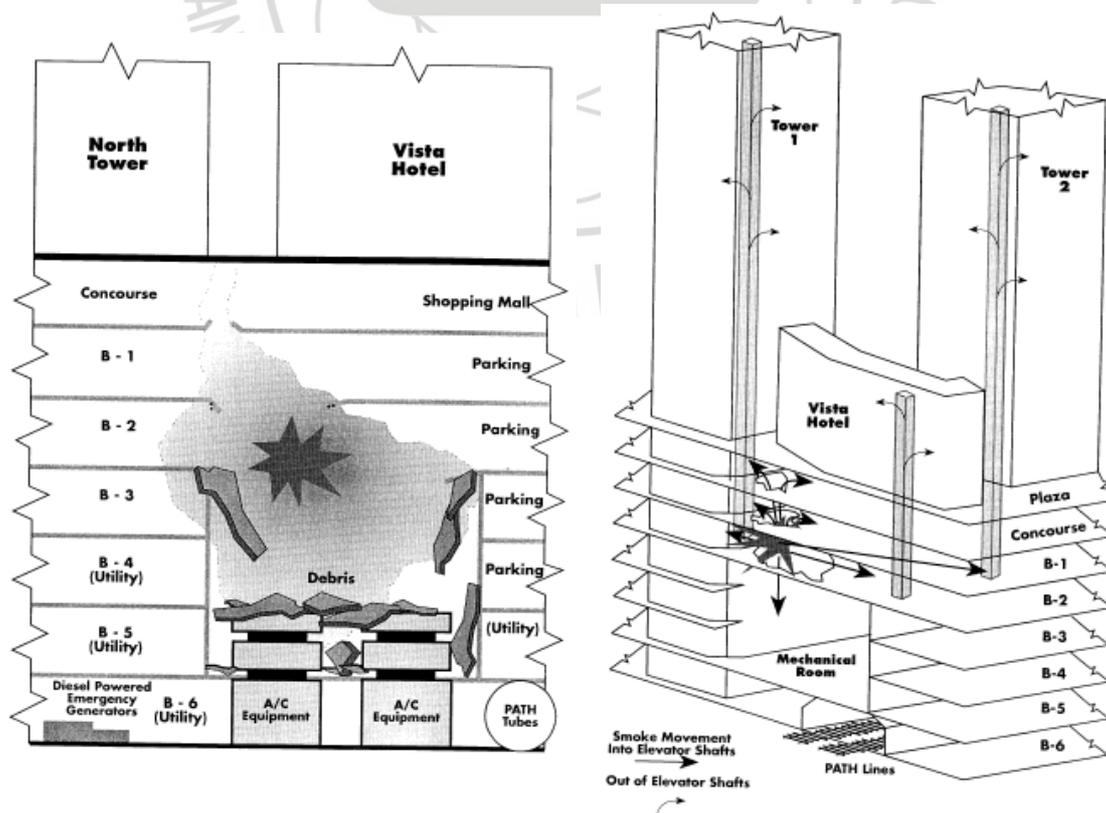


圖 2-1 1993年WTC雙塔受到爆炸攻擊之破壞情景

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。

四、2001 年 9 月 11 日事件

在 2001 年 9 月 11 日早上 8：46：30 與 9：02：59，美國紐約市世界貿易中心(WTC)遭受到恐怖劫持的民航機攻擊。在 9：58：59，WTC 2 倒塌(被撞擊後 56 分鐘)，在 10：28：22，WTC 1 開始倒塌(被撞擊後 1 小時 26 分鐘)。本事件中建築物受攻擊後初期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 2,749 人死亡。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。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。

在 2001 年 9 月 11 日上午 8:46:30 在 WTC 1 有 8,900 人±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。另至少 107 人命喪於 WTC 1 之第 92 層之下。同時間，在 WTC 2 有大概 8,540±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。另至少 11 個人死於 WTC 2 第 78 層之下。綜言之，WTC 全數容留人員約有將近

87%者，以及在受攻擊樓層以下容留人員有超過 99 %者均能成功地避難。

在當天上午 9:02:59，即在 WTC 1 受攻擊後 17 分鐘，WTC 2 也受到攻擊，當時 WTC 1 內有 21%的生存者逃出，而 WTC 2 有 41%的生還人員逃出。在 9:37 時，在 WTC 2 倒塌前 22 分鐘，已有 95%的生還人員逃出，亦即有如 7540 人在 34 分鐘內從最高 77 層樓安全逃生。在 9:58:59，當 WTC 2 大樓開始倒塌時，WTC 1 已有 88%生還人員逃出。在 10:12 前，在 WTC 1 倒塌前 16 分鐘，已有 95%的生還人員逃出，亦即有如 7,100 人在 70 分鐘內從最高 92 層樓安全逃生。WTC 2 在 WTC 1 被攻擊之後 17 分鐘時才被攻擊，卻已有將近 1/6 人員已從 WTC2 逃出，表示 WTC 2 這些人從 WTC 1 被攻擊起 5 分鐘內(9:01~9:06 間)就已經自建物避難，其中 40%生還人員在 9:02:59 就已經開始避難；會有如此結果的主要原因是 WTC 2 被攻擊前有 1/6 人員利用電梯逃生，只剩一部電梯供消防人員使用。

經對 1993 年與 2001 年兩次事故情形加以比較後，可有以下幾點發現及推論：

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 2001 年 9 月 11 日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消防疏散演習。即便 1993 年事件之前已舉行過的演習中，各單位住戶的參與度也因人而異，差別很大，之前參與過演習的人數不到全棟總人數 10%。
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. 消防演習通知建議容留人員，在遇到緊急情況時，應至少避難至起火層下 3 層樓以下的位置。但是大部分容留人員僅僅記得是當危險情形發生時在原地等待指令。

7. 高樓內部逃生門標示檢查 - 緊急狀況下現場往往一片黑暗，逃生標示是人員逃生成功所依賴的重要關鍵；另外逃生門因為外力撞擊或高溫變形，如何在緊急狀態下克服困難也是訓練要點。
8. 將電話接線人員納入應變系統並加強訓練 - 緊急事件中一般民眾打電話的詢問對象是 110 或 119 等緊急電話接線人員，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。



第三節 消防避難演練相關研究

為預防高層辦公大樓火災發生及減少火場人員生命財產之傷亡，世界各國均有進行相關緊急逃生演練，其中可分為預警式（事先已通知該單位內人員演習時間與內容）與無預警式（事先無通知該單位內人員演習時間與內容）兩種。為日後研究案例進行全尺寸模擬避難演練，故蒐集國內外相關避難演練案例（英國大型零售商店與台北中國石油辦公大樓等）與實際避難逃生案例（美國世界貿易中心）以作為基本參考資料，茲分述如下：

一、避難案例

（一）英國大型零售賣場(瑪莎百貨 Marks & Spencer)

- 1、建築物基本資料：此為在英國四間大型零售賣場舉行無預警演習。四個英國零售大賣場其中三個為市中心零售商店，另一個市外之零售大賣場。

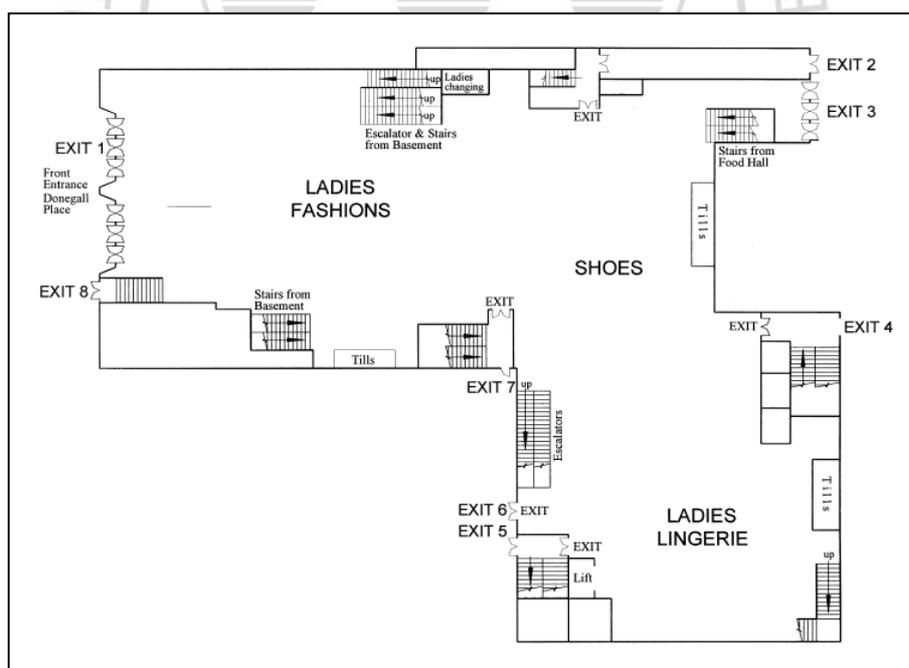


圖2-2 瑪莎百貨皇家大道店地面層平面圖

瑪莎百貨皇家大道店是由基本層、地面層與1樓層共三個樓層所組成。基本層為家庭商品區、兒童服飾區、餐飲區，有兩座電扶梯與

兩座服務樓梯提供出入串聯基礎層與地面層，地面層為淑女流行區，1樓層為男服飾區與客戶服務區，進出是藉由週邊之電扶梯與客服樓梯。地面層共有 8 個出口處（如圖 2-2 所示）。

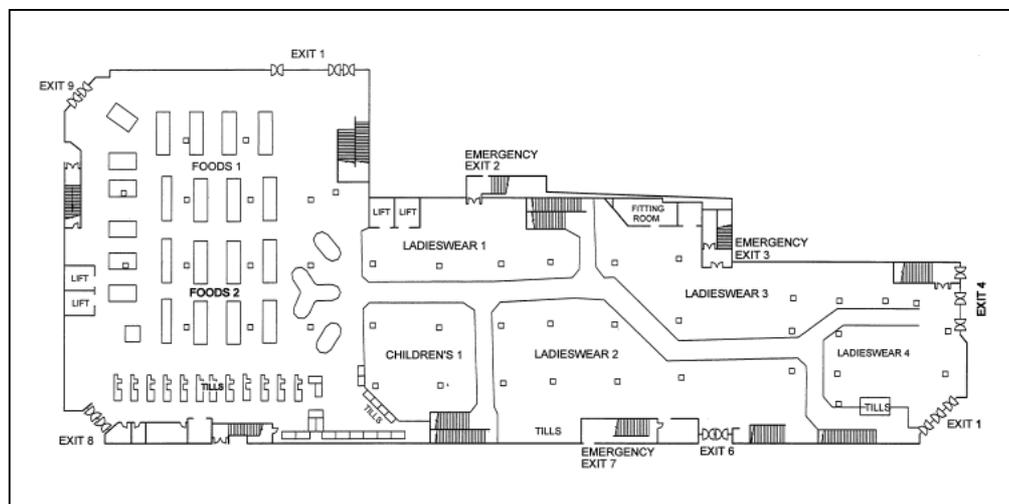


圖2-3 瑪莎百貨皇后街店地面層平面圖

瑪莎百貨皇后街店共為三層樓層所組成，地面層有餐飲區、淑女服飾區、兒童服飾區，一樓樓層有男服飾區，出入口經由4座樓梯和2座客戶電梯進出，1、2號服務樓梯提供更多穿越性可達到2樓女性福室斯和家庭傢俱部門，地面層共有9個出口處、其中3個為緊急出入口（如圖2-3所示）。

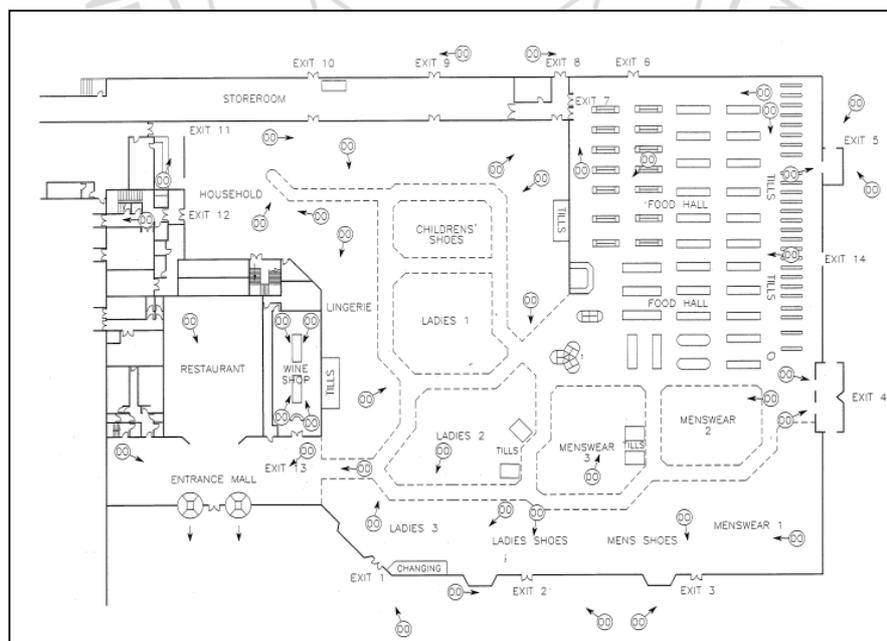


圖2-4 瑪莎百貨 sprucefield 店平面圖

瑪莎百貨 sprucefield 店為單層大面積之零售商場，內有生鮮食品區、餐飲區、男女服飾區、兒童服飾區、家庭飾品區等，共有 14 個出入口，圖面標示圓形箭頭符號為室內監視攝影機(如圖 2-4 所示)

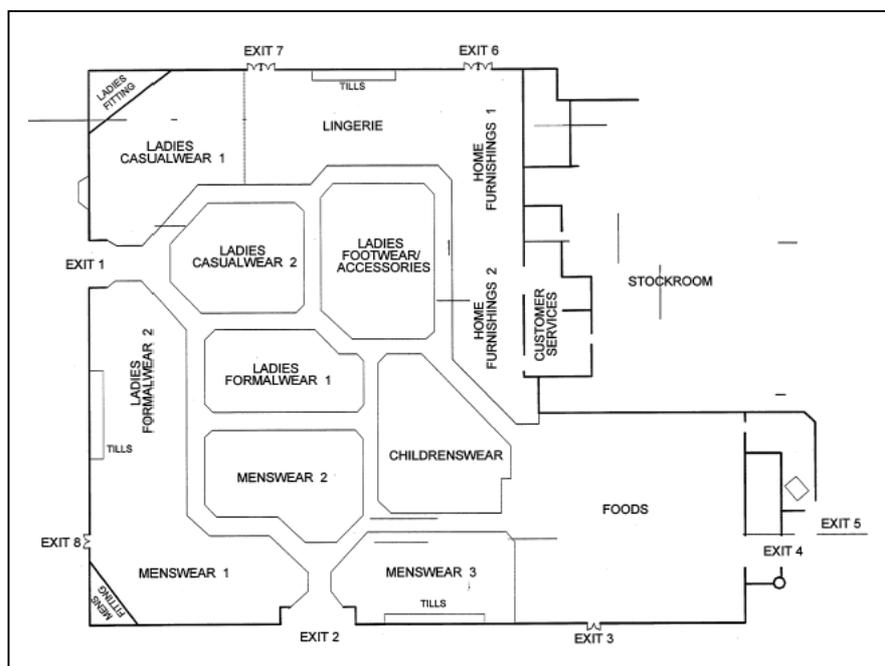


圖2-5 瑪莎百貨culverhouse cross 店平面圖

瑪莎百貨 culverhouse cross 為單層大面積之零售商場，內有男女服飾區、兒童服飾區、生鮮食品區、客戶服務區、儲藏區等。商場有 2 個主要出入口與 6 個緊急出入口，共有 8 個出口(如圖 2-5 所示)

2、避難演練過程：(無預警式避難演練)

本演練為無預警式避難演練，即事先無通知該單位內人員演習時間與演練內容，避難活動定於星期四與星期五之下午3點，原因為該時段會有特價活動，較會吸引較多的顧客人潮。為準備執行這項避難活動，必須先與突發事件服務機關(如消防局、醫院等)取得聯繫與協助。避難過程將用室內攝影機與攜帶式攝影機用錄影帶記錄起來，運用室內攝影機記錄室內全場的避難活動過程，至於一些居室、走廊通道、避難樓梯內之重點監視區域，則利用手提式攝影器材攝影記錄與研究人員記錄時間點。在以不妨礙進行逃生動作之門外要求參與避

難活動的顧客們填寫研究問卷，研究人員於每一避難出口門外對每一避難者發放問卷，透過發放問卷方式可得知一些避難相關資訊與情報。問卷之設計必須藉由引導方式來得知避難者之性別、年紀、購買頻率（影響環境熟悉度）、是否結伴同行等基本研究資料與避難行動時之避難逃生行為。透過此份演習數據資料可得知避難者行為描述與避難過程之相關研究。

（二）台北中國石油股份有限公司

1、建築物基本資料：建築物座落於台北市信義計畫區內，為 23 層之高層單一業主辦公建築大樓。

2、避難演練過程：（無預警式避難演練）

本案例為配合內政部消防署研究案『自衛消防編組演練與驗證暨相關問題研究案』所進行之無預警式之避難演練。假設起火樓層為該棟建築物第 18 樓，隨即將該樓層、上二樓層與下一樓層共四層（依據建築技術規則建築設計施工編第 258 條所規定之警鈴鳴動順序樓層規定）進行起火區劃（18F）、鄰接區劃（18F）與垂直鄰接區劃（17F、19F、20F），完成火災搶救與疏散之區劃範圍。火災避難演練採用自衛消防編組之模式進行，即建築物內部員工自行編組（滅火班、通報班、安全防護班、避難引導班與救護班），於火災發生時進行先期滅火、災情通報、災情控制、人員避難引導輔助與人員救助等各項任務。該次演練各項過程時間紀錄如下表所示：

表 2-5 中國石油股份有限公司消防演練時間紀錄表

應變事項		動作時刻	完成時刻
1、火警警報（示）		0：00 00 (警報發佈)	
2、確認起火處所		0：00 28 (中控室確認並通知現場)	
3、確認現場（火災）		0：00 40 (現場人員至起火點確認)	
4、通報消防機關		0：00 52 (通報指揮官及 119)	
5、自衛消防編組通報 (通知指揮官)		0：00 52 (通報指揮官及 119)	
6、初期滅火	滅火器操作	0：01 03 (滅火器到達)	
	消防栓操作	0：01 56 (消防栓開始滅火)	
7、避難廣播	起火層	0：00 00 (警報發佈立即廣播疏散)	
	全棟	(不做全棟疏散)	
8、形成區劃			0：01 26(18F)
9、避難完成	起火區劃 (18F)		0：03 46 (警報開始 18→16 樓)
	鄰接區劃 (室內安全梯)		0：02 29(警報開始 18→16 樓)
	垂直鄰接(天井或直上 一、二樓層、直下一層)		0：03 41(警報開始 17→16 樓) 0：03 51(警報開始 19→16 樓) 0：03 56(警報開始 20→16 樓)
	全員離開大樓至戶外		0：08 16 (20F 人員至 1F)
10、訊息傳達(相關空調、瓦斯設備關閉,排煙啟動、急救等)		(未演練)	

參加演練人數：滅火班 4 人；通報班 10 人；安全防護班 4 人；避難引導班 11 人；救護班 5 人

各層避難人數：17F--86 人，18F--69 人，19F--80 人，20F--98 人。

樓地板面積：起火區劃(18F)1,330m²，鄰接區劃(18F)1,330m²，

垂直鄰接區劃 (17F) 1,366m² , 垂直鄰接區劃 (19F) 1,366m² , 垂直鄰接區劃 (20F) 1,330m²。

二、避難案例特性整理

經由世界各國進行之避難演練案例可得知避難演練有不同的演練方式與特點整理如下表 (表 2-6) , 分析其演練特性可整理出下列數項特性 , 可供作日後避難演練進行操作過程之參考。

表 2-6 國內外避難演練案例特性整理表

演練種類	避難演練案例名稱	演練內容與特點
全尺寸無預警式避難演練	英國瑪莎百貨皇家大道店	* 避難活動定於較多顧客人潮之日。
	英國瑪莎百貨皇后街店	* 先與突發事件服務機關 (如消防局、醫院等) 取得聯繫與協助。
	英國瑪莎百貨 sprucefield 店	* 避難過程運用室內監視攝影機、手提式攝影機以錄影帶記錄起來 ; 研究人員記錄時間點。
	英國瑪莎百貨 culverhouse cross	* 研究人員於每一避難出口門外對每一避難者發放問卷。
全尺寸預警式避難演練	英國金絲雀碼頭辦公大樓 (Canary Wharf Tower)	* 演習過程中有專責引導人員輔助進行逃生動作。
	中國上海金茂大廈	* 建築物內有專門負責疏散的工作人員 , 起火樓層先行疏散 , 然後整個大樓再發布疏散命令。
特定樓層避難演練	台北中國石油股份有限公司 (無預警式)	* 配合內政部消防署研究案『自衛消防編組演練與驗證暨相關問題研究案』所進行之避難演練。
	基隆麗榮皇冠大樓 (預警式)	* 特定樓層數為起火樓層與其上二樓層與下一樓層共四層。
	台北凱悅大飯店 (預警式)	* 火災避難演練採用自衛消防編組之模式進行 (滅火班、通報班、安全防

- (1) 於演練案例得知進行演練活動均先與消防局等單位取得聯繫與協助配合，避免突發事件發生造成危害而影響活動進行。
- (2) 避難演習種類有分為全尺寸（全棟建築物）避難演練、特定樓層避難演練兩種。全尺寸避難演練可藉此測得全棟建築物各層平面之各項避難逃生時間（居室→廊道→特別安全梯），特定樓層避難演練僅能測得受測層之各項避難逃生時間，日後演練方式視演練大樓之配合程度而定。
- (3) 基於較嚴格之避難安全考量下，避難活動多定於建築物內部人數較多之時段。此可透過調查方式得知受測建築物於平時上班日哪一時段人數較多，再考量受測建築物可配合時段以決定進行避難演練之時段。
- (4) 避難進行時可運用受測建築物樓層內之監視攝影機拍攝活動過程，再輔以手提式攝影機紀錄各細部避難過程，用錄影帶記錄起來可供研究人員後續研究與分析。研究人員配置於各主要紀錄點（居室出入口、特別安全樓梯出入口、避難層各出入口等）記錄時間。
- (5) 研究人員可於避難層出口處對每一受測避難者發放問卷，透過問卷方式可得知一些避難相關如性別、年紀、環境熟悉度與來自之樓層數等有利後續研究之資訊與情報。

第四節 火災避難模擬軟體簡介

壹、buildingEXODUS 避難模擬軟體之簡介

buildingEXODUS由Greenwich大學消防安全工程中心(Fire Safety English Group)發展，以C++語言寫成，可在個人電腦或工作站中執行，此軟體被設計用來針對大型空間及大量人群的空間結構去模擬避難過程之一種軟體。buildingEXODUS則設計適用於大型購物中心、醫院、電影院、車站、機場航站、高度危險之建築物、學校等。building EXODUS模式包含六個相互影響作用的子模式，分別是避難者、移動、危害、毒氣及行為等五個子模式，再加上空間幾何模式所構成，各子模式之相互關係如圖2-6所示，每位避難者之行為模式是本身與空間區劃、其他避難者與火災危害等因素相互影響之結果。子模式及空間之建構為透過操作不同之模組而來，分別為空間幾何模組、人群模組、境況模組、模擬模組。

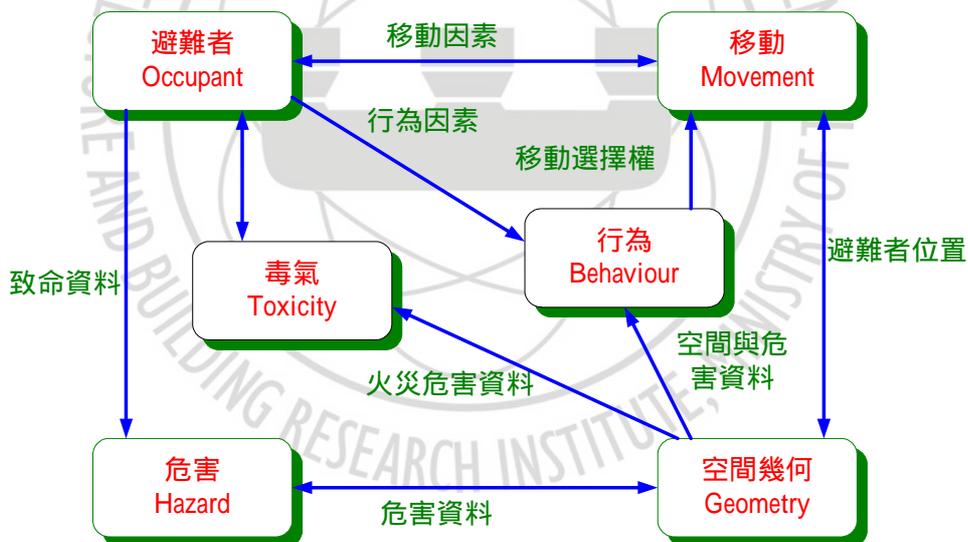


圖 2-6 buildingEXODUS 各子模式之相互關係
(資料來源：building EXODUS操作手冊，2004年)

一、buildingEXODUS之子模式

(一)避難者 (Occupant) 子模式

指避難人員個人屬性，分成生理屬性、心理屬性、經驗屬性、危害影響屬性等四種。避難者子模式於人群模組設定，避難者處於動態或經由其他子模式輸入參數的改變所影響，在模擬過

程中，某些屬性參數為定值，而部份為動態變化參數。

(二)移動(Movement)子模式

掌握避難者從目前位置移動至最適合鄰近位置之個人行動力、空間狀況、移動方向或大量人群滯留時之管理，或在無避難者時監控等待時間。共有快速步行、正常步行、跳躍、爬行、上樓梯及下樓梯等六種步行速度等級可供設定，同時包括超越、側走、閃避與其他避難行動之考量。

(三)行為(Behavior)子模式

行為子模式係依據每位避難者的屬性為基礎，並取決於避難人員在避難過程當時的反應狀況，並把結果應用至移動子模式，於模擬模組運用。行為子模式功能有兩個層次，分別是整體（Globe）行為及局部（Local）行為模式。整體行為提供避難者全部逃生策略，而局部行為只控制避難者對當場情況之反應。局部行為發生在避難者本身或避難者間互動關係，如反應時間、衝突解決、超越障礙、火災危害察覺、逃出程序、樓梯移動、角色分配、救助活動、集體會合及工作人員之影響等。整體行為包含提供避難者藉由最近且方便的出口或最熟悉出口避難之逃生策略，使用者可先決定避難者對特殊建築物的熟悉度，並與模擬結合；也可以指派個人執行需在避難前完成的特定工作任務，如巡查先前所定義較明確的區域或先執行通報、滅火等工作。使用者可設定適合的整體行為模式，也可修改或拒絕局部行為模式；局部行為模式包括對避難者接收到避難訊息時初期反應之考量，例如避難者是立即反應或是經一段時間後再做出反應，或表現出怠惰、衝突與滯留情況而尋求或選擇可能的避難路線進行避難等行為特性，避難者態度將反應出所處地區的狀況，以決定其屬性；特定的行為規則如衝突的解決等，雖是人類共通的行為特性，但即使進行重複性的避難模擬，也不會產生完全同樣的模擬結果。

buildingEXODUS 可執行二種不同的行為變化，即標準（Normal）行為與極端（Extreme）行為。在標準行為模式下，

避難者遇到滯留情況會先選擇等待，直到合適進行其他避難方式的可能性出現為止。在極端行為模式下，避難者將在一段時間後，耐心屬性達預設值時（使用者自行定義），將不再耐心的等候，進而在發生擁擠的現象或其它可能的行動目標出現時即開始避難。

(四)危害物（Hazard）子模式

係掌控大氣環境與生理條件等情境，經由預先設定空間環境中發生火災時所產生之危害情境，如熱氣、濃煙與毒氣，進而掌控出口之開放與關閉狀態，危害物子模式於境況模組設定，並於模擬模組運用。可在此子模式內由 CFAST 及 SMARTFIRE 軟體自動輸入危害資料，也可經由其他模式手動輸入各種危害資料供避難模擬使用。高溫及毒性環境係在危害子模式中設定，環境的危害係以時間及位置之函數分佈來表示，buildingEXODUS 雖無法預測這些危害，但卻可以從其它模擬軟體之經驗數據資料或數值分析資料獲得。

(五)毒氣(Toxicity)子模式

毒氣子模式是在境況模組設定，運用於模擬模組，於火災危害物子模式分佈下，使用毒氣子模式以決定火災危害對避難者之影響效應。為了確定避難者受火災危害影響的結果，buildingEXODUS 使用 Purser 之累積效果劑量（Fractional Effective Dose; FED）模式來處理毒氣與熱氣之影響，FED 模式係假設特定的火災危害是與所暴露的危害濃度有相當的關聯性，這個模式估計出在避難過程中死亡或喪失行為能力的毒氣劑量比例，並在暴露期間內累計危害劑量比例的總和，如溫度上升、熱輻射、HCN、CO、CO₂ 及缺氧量等毒性對身體危害的關聯性。在 buildingEXODUS 中，當 FED 接近危險值時，避難者機動力、敏捷力與步行速率將減低，不允許避難者在惡劣條件下採取有效避難行為，因而增加避難者逃生困難度。

二、buildingEXODUS操作模組

buildingEXODUS避難模式之操作流程，可分為四個主要模組，分別為空間幾何模組、人群模組、境況模組及模擬模組，透過一系列操作過程可讓模擬迅速執行，提供有效評估人員避難安全之途徑，並可直接與操作使用者溝通聯繫，茲依各項功能選項說明如下：

(一)空間幾何模組

要進行電腦模擬前第一步就是需先建構欲模擬之空間幾何，如建築物大小、出口配置、障礙物、內部區劃空間、樓梯等，空間幾何可透過表 2-7 之方式來建構：

表 2-7 buildingEXODUS 空間幾何之建構方式

建構方式	內容
使用內部工具建構	使用軟體所提供之功能選項，在幾何空間模擬視窗上畫出模擬區域，所以在操作上需先選定區域位置，在對話方塊上輸入尺寸規格大小，然後就可依使用者需求建立之；一般而言手動建構方式適用在建築物整體配置較簡單之區域。
由.DXF檔載入	建築空間的配置可利用 AutoCAD 繪圖產生.DXF 檔，或由內部工具所提供空間資料庫選項來建構。空間格點是以節點與弧線所組成，節點為空間之最小區域，大小為0.5m×0.5m，以弧線與周圍8個節點相連，弧線表示節點與節點間距離，避難人員依循弧線於各節點間移動。
由資料庫範例載入	可由軟體內建之資料庫案例或已完成之案例進行模擬或修改。

(資料來源：陳俊青，2004年)

buildingEXODUS 的空間模式由二維空間格點 (grid) 組成，每一格點位置即為一節點，節點 (node) 之預設大小為 0.5m*0.5m，以弧線 (arc)與周圍 8 個節點相連，每一節點表示每位行人所佔據之空間，弧線表示節點與節點間距離，避難人員需依循弧線始能於各節點間移動。空間節點之大小可自行設定至 0.3 1.0m，但若更改預設節點大小時，可能會影響避難者與避難者間之衝突時間等設定。節點衝突時間之設定需經過觀察設定才可修改，否則軟體並不建議更改節點大小。

buildingEXODUS 在空間建構上其節點種類可分成自由空間、座

位、樓梯、邊界、吸引節點、釋放節點、平台等，buildingEXODUS 4.0 版則新增變換方向、指定方向與來源節點。

(二) 人群模組

在空間幾何平面建置完成後，即可進入人群模組操作視窗，其操作方式可以逐一在預定上的位置上設定避難者，亦可開啟人群設定視窗，選定避難者可能存在的區域，然後依年齡、性別比率，及調整其人群屬性後，就可完成避難者的設定。在設定各區劃內之人員分佈，可採用先框選所欲設定之區劃空間，將所建構的站體空間劃分為各個區域的方式，再以此軟體之隨機產生功能 (Random Generate Function)，在該區劃中隨機設定人員分佈情形。此種方式特別適用在建築物為特殊用途的區劃空間，以反映出人員密度分佈不平均化的使用特性。避難人群的設定對避難研究來說非常重要，該軟體提供的內部工具有利於避難人群設定，整體與某部分避難人群可由使用者自定資料庫來儲存或重現。避難人員對於不同的建築空間，其行為特性也有所不同，且在避難過程中，若未被賦予執行其他任務時，避難人員之動線將呈現與建築空間四周邊界接近之趨勢。

(三) 境況模組

其目的在於掌控出口疏散能力、出口潛勢以及火災危害等情境之細部資料，火災危害 (熱、煙與毒氣等) 可使用 CFAST 及 SMARTFIRE 來訂定，而火災境況之評估可透過模擬模組之輪廓圖形選項 (Contouring Graphic Option) 來呈現。另火災危害編輯與資料庫，可提供 2 種 FED 毒氣模式供選擇，可手動編輯火災時大氣組成資料，其可由經驗數據或火災模擬資料取得。從 FED 隨時間變化的數值可判斷人員是否安全或已有傷亡的情形發生，藉以檢證人員受火災危害之安全性。

(四) 模擬模組

經由空間幾何、避難者屬性、火災危害相關步驟設定完成後，若要將所設定火災危害在避難模擬過程中發揮作用及影響，需在模擬模組下之控制組成選單 (Rulebase Menu) 啟動危害模組 (Hazard Model) 才能完成，透過有無火災危害作用的避難模擬過程，可以得知對避難人員之影響與差異。當執行選擇各功能選項作用之模擬時，電腦畫面可顯示二維圖形，以

供避難者觀察整個避難過程，同時，模擬可重複執行、暫停等功能，且可以個人模式（顯示每位避難者）或人群密度模式來檢視模擬過程，各境況細部資料（輸入與輸出）可以電腦所設計之表格方式儲存。

三、buildingEXODUS 4.0新增功能

為了強化軟體使用之便利與功能，buildingEXODUS 4.0版增加許多附加功能及變化，表2-8為buildingEXODUS 4.0版中所進行的修正，修正範圍包括使用者介面、空間幾何、人群、境況、行為及輸出結果等，使用者能更有效率的操作該設計軟體。同時經由該研究團隊實地對意外發生事件進行分析、調查與全尺寸避難實驗，更了解實際狀況下之避難者行為模式，而進行一些行為特性修正，使避難行為更趨合理性。另輸出結果與資料收集的修正功能，使模擬完成後，對於大量輸出資料可進行更細部研究分析以篩選有用的特定資料。

表 2-8 buildingEXODUS 4.0 版新增與修正項目

修正模組	修正項目
使用者界面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 領航視窗(Navigation window)。 2. 資料輸出和狀態視窗。 3. 工具列的強化及可編輯。 4. 新增滑鼠右鍵功能。
幾何模組	<ol style="list-style-type: none"> 1. 邊界線最小化。 2. 目標位置。
人群模組	<ol style="list-style-type: none"> 1. 避難者選擇盒。 2. 路徑選擇控制。 3. 路線的命名。 4. 避難者到來源節點的分配。 5. 避難者屬性之範圍替代。
境況模組	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將資料檔案連結到 SMARTFIRE CFD 火災模擬軟體。 2. 將 CFAST V4.0 升級到 CFAST V5.0。
行為和模擬	<ol style="list-style-type: none"> 1. 來源節點(Source nodes), 允許使用者在模擬期間動態地產生個體。 2. 變換方向節點，允許使用者變更個體採用的路徑。 3. 方向節點，限制避難者的避難路徑。 4. 區劃地域，控制空間幾何中整個區域的反應。 5. 刺激物模式，表示刺激生成物對避難者之衝擊 6. 量測內部出口流量，計算某一時間使用位置的人數。

	<ol style="list-style-type: none"> 7. 新的出口單位流量。 8. 標示和能見度區域，透過指標的提供將資訊提供給避難者。 9. 所有主要出口的地區熟悉度。 10. 在全體移動期間避免擁擠，可使避難者在移動期間更自然分配路徑。 11. 最大模擬時間，允許模擬到某一預定時間。 12. 避免出口擁擠，根據在特定出口擁擠的程度允許避難者決定出口選擇。 13. 保持移動角度，將避難者不穩定的移動最小化。
資料和統計蒐集	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用較彈性的方法針對人員調查區域進行資料收集。 2. 人員調查區域具有另外的統計時間數據顯示。 3. 內部出口附加資訊 4. 最理想的出口統計數值。
輸出結果到 VREXODUS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 具有選擇區域輸出到 VREXODUS 的能力。

(資料來源：buildingEXODUS 4.0版操作手冊，2004年)

貳、 SIMULEX 軟體

一、簡介

在避難模式上，目前世界最常用來模擬人員避難的方法，是以所謂的群流理論 (Hydraulic Flow) 為理論基礎。所謂群流理論是將避難人員看成一群火災發生即開始避難，避難速度一定，且不考慮一些如人員決策，避難過程中人員互相推擠、穿越等現象之人群。而人群的逃生速度僅與人員的密度有關，亦即利用逃生速度與人員密度之實驗關係式來求出避難速度。

本計劃採用之 SIMULEX 係由英國 Integrated Environment Solution Ltd. 所研發之動態避難模擬軟體，適用於建築物的環境，例如大型超級市場、購物中心、車站、電影院等高度危險之建築物。另 SIMULEX 可建構不同的樓層空間，並由樓梯的連結可將不同樓層連接在一起。

二、SIMULEX 模擬原理及參數

SIMULEX 除了以群流理論為基礎外，並考慮真實的避難狀況，在逃生速度上，根據相關之研究採用步行速度與前方他人距離有關之實驗關係

式，意即避難人員步行速度會受前方他人影響，而使人員之避難速度改變。

SIMULEX 之模擬原理係根據以下關於人員避難模式之基本假設：

1. 每個人員之初始行走速度設定為正常、無阻礙之平均速度。
2. 行走速度會隨著人與人之間距離靠近而減少。（如圖 2-7）
3. 每位人員面對出口的方向，係與距離地圖（distance map）規劃之輪廓正交。
4. 考慮人員超越、扭身、閃避、小幅度倒退等行為模式。

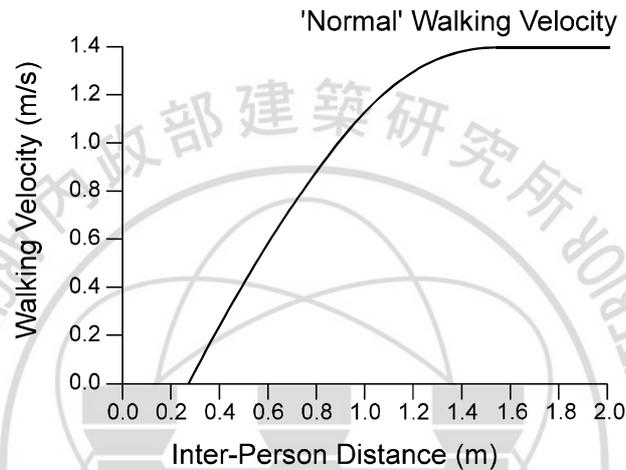


圖 2-7 SIMULEX 有關行走速度與人員距離之關係

茲將 SIMULEX 所考慮之參數分述如下：

1. 人員平面

SIMULEX 將人員個體以俯視角度觀察，在計算上以三個圓形表示之，分別為軀幹（半徑 $R(t)$ ），肩膀（兩圓半徑均為 $R(s)$ ）；肩膀圓之圓心距離身體中心之距離為 S 。（如圖 2-8）

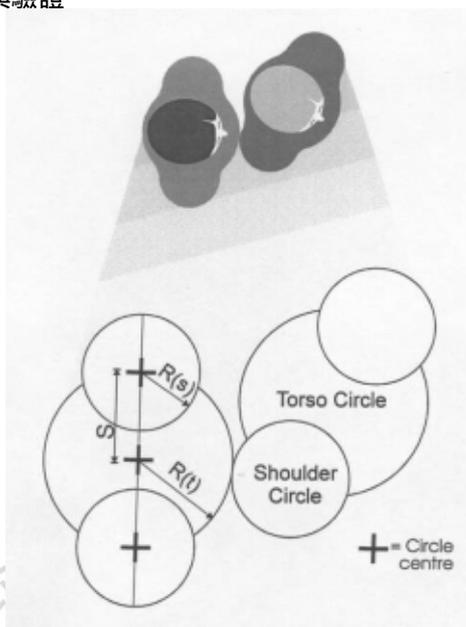


圖 2-8 SIMULEX 對於人體之定義

SIMULEX 依照男性、女性、兒童，對軀幹、肩膀各有不同的半徑設定。（如表 2-9）

表 2-9 SIMULEX 設定之體型尺寸表（單位：公尺）

人體模式	R(t)	R(s)	S
平均	0.25	0.15	0.10
男性	0.27	0.17	0.11
女性	0.24	0.14	0.09
兒童	0.21	0.12	0.07

2. 超越模式

SIMULEX 為能忠實描述實際的避難過程而提供人員超越的功能。所謂的人員超越是指若前方人員速度太慢，可自動計算最小的超越角度 θ_1 及 θ_2 而超越前方人員。（如圖 2-9）

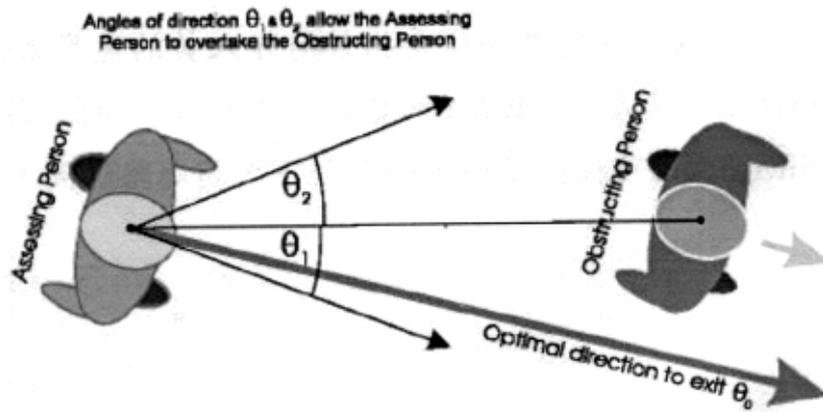


Figure 9. The Assessment of Angles for Overtaking

圖 2-9 SIMULEX 中避難人員之超越角度

SIMULEX 另可模擬不同方向阻礙下之超越路線圖。（如圖 2-10）

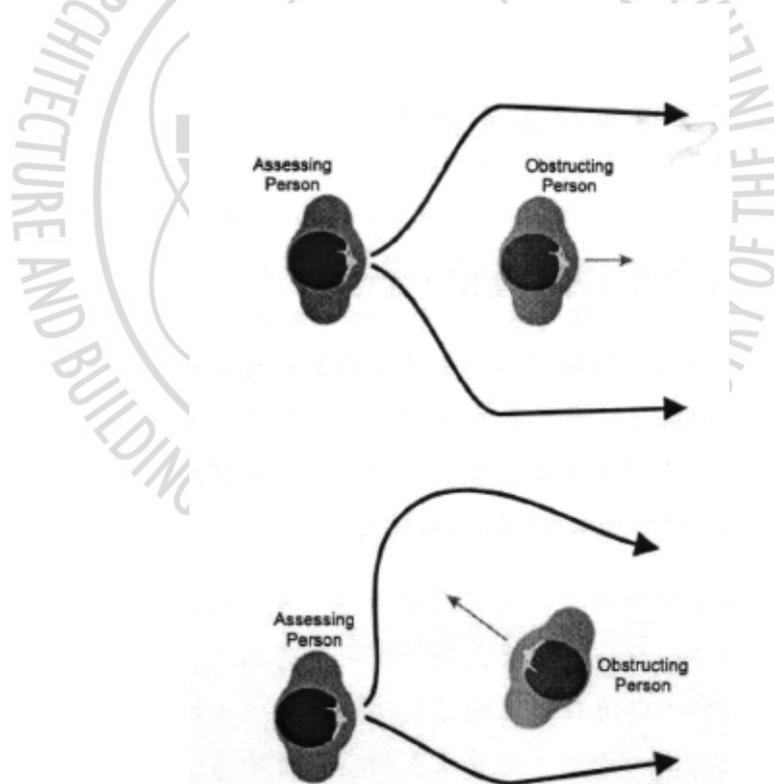


圖 2-10 SIMULEX 中不同方向阻礙下之超越路線圖

3. 人群模式

SIMULEX 針對不同場合，依據人群不同屬性，其男女分布百分比

作基本設定。此一設定將會影響模擬人群之體型、分布與個人行走最大速度。（如表 2-10）

表 2-10 不同人群模式之男女分布

人群模式	%平均	%男性	%女性	%兒童
辦公室員工	30	40	30	0
乘客	30	30	30	10
購物者	30	20	30	20
學童	10	10	10	70
老人	50	20	30	0
所有男性	0	100	0	0
所有女性	0	0	100	0
所有兒童	0	0	0	100

4. 逃生反應時間

SIMULEX 設定之人員逃生反應時間有三種模式，其定義為一平均時間，與平均之正負偏差值。三種模式為隨機分布（random）、三角分布（triangular）、及正常分布（normal）。隨機分布中，人員反應將會在時間限制範圍內亂數分布；三角與正常分布則是在限制範圍內以特定之模式分布。

5. 距離地圖（distance map）

SIMULEX 對於人員逃生路徑的選擇，係假設每一個人都會自動選擇距離自己最近的出口位置進行逃生。而與出口距離的計算，SIMULEX 使用「距離地圖」的方法。

距離地圖包括 0.2 公尺見方之空間格點，將模擬空間以低解析度之方式重現。其從出口位置為起點延伸，以類似同心圓之方式往外輻射延伸，可表示該出口所能影響的範圍與距離，在此範圍內的人群則會選定該出口逃生。（如圖 2-11）

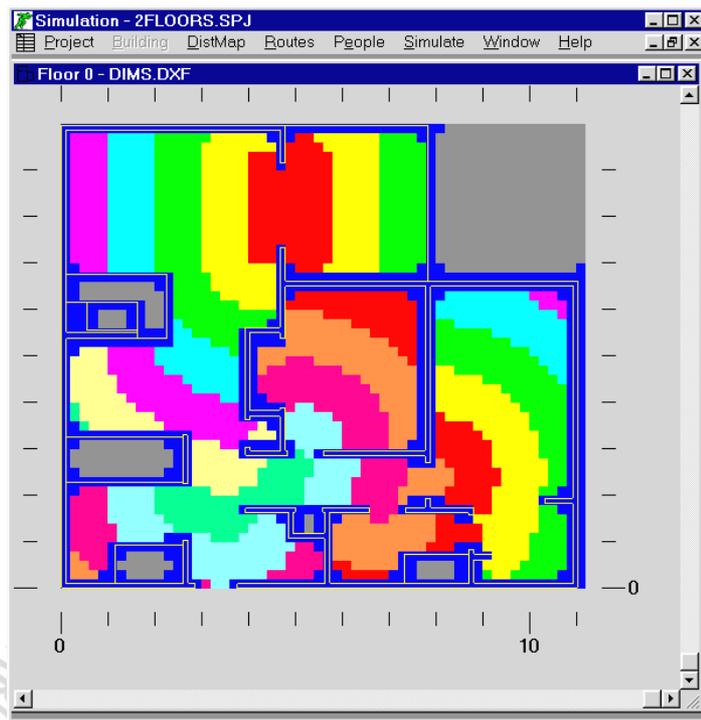


圖 2-11 SIMULEX 之距離地圖



第三章 台北 101 大樓之防火及避難設計

第一節 建築物概述

壹、空間利用

台北101金融大樓由裙樓及塔樓所組成，目前為台灣地區最高之建築物；塔樓樓高508公尺，是目前經過國際認證之世界第一高的摩天大樓，更是世界第一座超越500公尺的摩天大樓。塔樓用途空間共101層，主要作為出租辦公室、機械層使用，預計將有高達6萬坪的辦公室面積；台北101金融大樓建築物簡介及各樓層樓高、樓地板面積、用途及預估使用容留人數及實際最大容留人數，如表3-1及表3-2所示：

表 3-1 台北 101 金融大樓建築規模簡介

工程名稱	臺北國際金融中心新建工程			
工程地點	中華民國台北市松智路 8 號			
業 主	台北金融大樓股份有限公司			
建築設計	李祖原建築師事務所			
工程規模	裙樓	地下部 5 層 地上部 7 層	塔樓	地上部 101 層 地下部 5 層
用途規劃	出租商場、停車場		辦公大樓、機械層	
結構形式	地上部-鋼骨造；地下部-RC/SRC 造			
基地面積	30,277 m ²			
建築面積	15,081 m ²			
建築高度	508 m			
總樓地板面積	412,500 m ²			

表 3-2 101 塔樓各樓層面積、用途及容留人數

樓層	用途	樓層高 (m)	樓地板面積 (m ²)	預定使用容留人數 (人)*	實際最大容留人數 (人) [#]
101	室內觀景台 (未開放使用)	10.00	313.29	0	0
100	設備層	7.15	334.96	0	0
99	設備層	5.75	300.12	0	0
98	設備層	5.75	267.19	0	0
97	設備層	5.75	236.17	0	0
96	設備層	5.75	199.51	0	0
95	設備層	3.45	190.44	0	0
94	設備層	3.45	211.93	0	0
93	轉換層	3.45	463.56	0	0
92	設備層	3.45	286.85	0	0
91	室外觀景台	3.45	466.25	120	不特定容留人數(每天 600~1000, 來自 89 樓)
90	設備層	4.20	1747.80	0	0
89	室內觀景台	4.20	2508.74	200	員工 25(不特定容留人數平時每天 2700 ± 200, 假日每天 4500±500)
88	精品商店、咖啡廳	4.20	1793.65	150	員工 21(不特定容留人數來自 89 樓)
87	風阻尼器設備層	4.20	602.84	0	0
86	景觀餐廳 (待租未使用)	4.20	2351.25	150	0

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

85	景觀餐廳	4.20	2178.81	170	員工 100，不特定容留人數 Max.540
84	宴會廳	4.20	2200.48	170	不特定容留人數(Max. 600)
83	辦公室(待租未使用)	4.20	2132.60	170	0
82	設備層	4.20	1478.74	0	0
81	辦公室(待租未使用)	4.20	2512.56	170	0
80	辦公室(待租未使用)	4.20	2481.94	170	0
79	辦公室(待租未使用)	4.20	2409.97	170	0
78	辦公室(待租未使用)	4.20	2339.12	170	0
77	辦公室(待租未使用)	4.20	2269.29	170	0
76	辦公室(待租未使用)	4.20	2200.48	170	0
75	辦公室(待租未使用)	4.20	2132.60	170	0
74	設備層	4.20	1784.07	0	0
73	辦公室	4.20	2554.83	170	157
72	辦公室(待租未使用)	4.20	2481.94	170	0
71	辦公室	4.20	2410.07	170	48
70	辦公室(待租未使用)	4.20	2316.77	170	0
69	辦公室	4.20	2246.75	170	83
68	辦公室	4.20	2177.94	170	292
67	辦公室	4.20	2110.15	170	292
66	設備層	4.20	1684.79	0	0

65	辦公室	4.20	2566.96	170	292
64	辦公室	4.20	2494.07	170	292
63	辦公室	4.20	2422.20	170	292
62	辦公室	4.20	2351.35	170	282
61	辦公室	4.20	2281.33	170	55
60	辦公室(轉換層)	4.20	1911.10	170	137
59	辦公室(轉換層)	4.20	2144.73	170	137
58	設備層	4.20	1693.98	0	0
57	辦公室	4.20	2566.96	170	121
56	辦公室	4.20	2453.15	170	60
55	辦公室	4.20	2381.25	170	149
54	辦公室	4.20	2310.43	170	190
53	辦公室	4.20	2240.41	170	190
52	辦公室	4.20	2171.60	170	88
51	辦公室	4.20	2103.81	170	50
50	設備層	4.20	1565.59	0	0
49	辦公室	4.20	2566.96	170	146
48	辦公室	4.20	2494.07	170	0(暫未進駐)
47	辦公室	4.20	2381.28	170	91
46	辦公室	4.20	2310.43	170	69
45	辦公室	4.20	2240.41	170	196
44	辦公室	4.20	2171.60	170	77
43	辦公室	4.20	2103.81	170	196
42	設備層	4.20	2369.31	0	0
41	辦公室	4.20	2566.96	170	196
40	辦公室	4.20	2494.07	170	196
39	辦公室	4.20	2422.10	170	167
38	辦公室	4.20	2351.25	170	144
37	辦公室	4.20	2281.42	170	266

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

36	會議中心(轉換層)	4.20	1899.05	170	不特定容留人數(Max. 250)
35	服務層(轉換層)	4.20	2144.72	170	157
34	設備層	4.20	1643.73	0	0
33	辦公室	4.20	2566.96	170	18
32	辦公室	4.20	2494.07	170	148
31	辦公室	4.20	2422.10	170	144
30	辦公室	4.20	2351.25	170	144
29	辦公室	4.20	2281.42	170	0(暫未進駐)
28	辦公室	4.20	2212.61	170	128
27	辦公室	4.20	2291.24	170	200
26	設備層	4.20	372.76	0	0
25	辦公室	4.20	1323.62	170	104
24	辦公室	4.20	2307.43	170	184
23	辦公室	4.20	2314.96	170	196
22	辦公室	4.20	2376.95	170	196
21	辦公室	4.20	2439.67	170	62
20	辦公室	4.20	2503.30	170	145
19	辦公室	4.20	2567.65	170	68
18	設備層	4.20	408.91	0	0
17	設備層	4.20	2088.74	0	0
16	辦公室	4.20	2765.71	170	350
15	辦公室	4.20	2833.43	170	350
14	辦公室	4.20	2901.87	170	350
13	辦公室	4.20	2971.23	170	352
12	辦公室	4.20	3041.30	170	132
11	辦公室	4.20	3112.19	170	132
10	辦公室	4.20	3184.01	170	132
9	辦公室	4.20	3256.53	170	132

8	設備層	4.20	457.44	0	0
7	設備層	4.20	3404.14	0	0
6	辦公室(待租未使用)	6.30	3517.00	45	0
5	辦公室(待租未使用)、售票處	6.30	7161.50	45	20
4	大廳及商店、辦公室	6.30	10528.58	45	22
3	大廳及商店、辦公室	6.30	11291.49	45	65
2	入口大廳(往雙數樓層)及商店	6.30	11626.11	42	
1	入口大廳(往單數樓層)及商店	6.30	14641.88	0	
合計		-		12,232	平時正常員工數 9,067，不特定容留人數 Max. 1,390

註：*依據台北 101 金融大樓營運前當時之預估人數。

#依據台北 101 金融大樓管理單位統計至 97.11.30 止之員工人數。

綜上得之，塔樓部之第89層及第91層為觀景台；第85層至88層為餐廳；第7層到第84層共計78層樓，為出租辦公室，總面積將近6萬坪，其中辦公樓層第59層到第84層為高樓層段；第35層到第58層為中樓層段；第5層到第34層為低樓層段；其中第35、36層及第59、60層為電梯轉換層及空中大廳層；另外，B1層到第4層設置商店，B2層到B5層設地下停車場，共可提供1,800個汽車停車位及2,000個機車停車位。

貳、塔樓防災設備概況

一、防災設備架構

台北 101 金融大樓消防安全設備除依據內政部所發佈之「各類場所消防安全設備設置標準」設計外，並參考美國、日本超高層大樓之設置標準而訂。台北 101 金融大樓之防災及相關連動設備由火警受信總機及副機全面監控，包括：

1. 消防及預防設施：

包含耐火建築、防火區劃、防火填塞、大容量緊急電源、電源多重防護、瓦斯管線安全措施、自動/手動火警警報設備、極早期火災偵測系統、閉路電視監視系統、消防救援空間、火災預防管理編組。

2. 主要消防滅火設備：

包含專用消防蓄水池、自動撒水設備、室內消防栓設備、泡沫滅火設備、氣體滅火設備、連結送水口。

3. 防排煙及加壓設施：

包含防排煙設備、安全梯及走道加壓、三明治式煙層抑制設施。

4. 避難逃生設備：

包含安全逃生路徑、避難室、緊急照明及標示設備、避難器具。

5. 救援輔助設備：

包含緊急廣播設備、無線通信輔助設備、消防專用昇降機、防災中心。

火警受信總機設於 B1 樓防災中心，受信副機設於 7 樓副控室。防災中心另設有緊急廣播主機、緊急電話主機及電腦周邊等設備，以迅速掌握所有資訊，於確認後進行廣播，並列印出所有回傳之訊息的內容與

發生之時間。

火警受信總機之訊息可移送受信副機、保全系統及大樓智慧型管理系統(EMCS)。大樓智慧型管理系統並監控電力管理系統(PMS)及發電機管理系統(GMS)，其各項防火避難設施與消防安全設備設置現況如圖 3-1 所示：



二、防災中心

防災中心設於101塔樓B1層，為一獨立操作區，所有緊急設備皆集中於此，以達監控及管理之目的，為整棟大樓之神經控制中樞所在。防災中心有監視緊急救援系統、安全系統及環境維生系統設備，進行必要之控制，並協助警察局及消防局完成救災之任務。防災中心設置監控工作站，包含了電力系統、門禁安全系統、火警系統、消防安全設備、排煙設備及通風系統、電梯／電扶梯系統、廣播系統、照明控制系統等，如圖3-2所示。除了防災中心以外，101塔樓B1層及裙樓商場B2層各有各自之保全中心，由保全人員進駐，遇緊急狀況時即成為緊急應變指揮所，受防災中心之指揮調度。另在塔樓1樓設有消防指揮站，提供緊急事故時與消防隊接洽事宜。

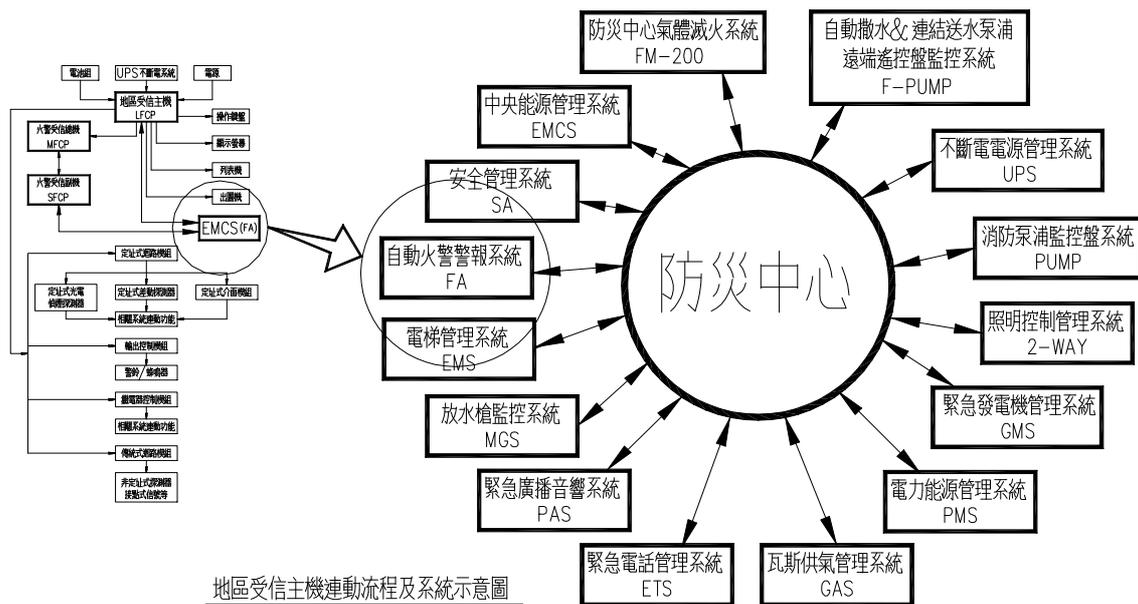


圖 3-2 台北 101 大樓防災中心監視控制與防災設備示意圖

三、供電方式

(一)受電方式：

由台電公司世貿變電所及基信變電所同時供應電力，透過雙變電

所、雙迴路方式接引高壓電源至本大樓地下一樓台電配電室，再分送至各樓段變壓站，各變壓站採互為備用及常用方式供電。

(二)電源容量：

考量未來龐大之辦公事務機器及資訊設備需要電量，以及空調負，大樓電源容量設計遠高於一般辦公大樓，並分為停車場、裙樓、塔樓三個受電區，各別為 2,800、1,800 及 4,000 kVA。

(三)配電方式：

大樓配電室將電力規劃為 3 個受電區，分別為停車場、裙樓、塔樓 3 個受電區。而塔樓部份再分送至各樓段變電站，每層樓於公共區設置兩個電氣室，由兩條供電纜線連接以相互支援，本大樓緊急備用電力分為 3 部份：

1. 緊急發電機組：

當台電供電中斷時能在 1 分鐘內自動啟動緊急發電機，並依設定之供電優先順序，由並聯控制盤依序供電。目前於 B4F 設有 7 套及 7F 設有 1 套；每機組皆有發電量 2,000 千瓦之發電機，8 套計可產生 16,000 千瓦之發電量。

2. 蓄電池設備：

如遇台電供電中斷，在緊急發電機尚未正式運轉前，蓄電池設備能立即以直流電供應承租戶室內公共走道、樓梯間等之緊急照明。

3. 不斷電系統：

如遇台電供電中斷，在發電機尚未正式運轉前，不斷電系統能立即以交流電提供逃生相關設備運作，如安全門燈、出口標示燈、以及避難方向指示燈電源。

第二節 人員及避難特性

台北101大樓如前所述主要作為出租辦公室、機械設備層、觀景層及觀景餐廳使用，塔樓各使用空間之人員特性、避難方式等謹簡介如下。

壹、人員特性

台北101大樓塔樓部份主要是作為出租辦公室使用，部分樓層空間供觀景台、餐廳、商店、會議中心等使用，因此人員特性以每日出入大樓、且熟悉建築物空間之上班族群為主，其性別與年齡層分佈，17~29歲：30~50歲：51~80歲約為2：6：2，男女比例大概約為9：11，但少數使用空間則呈3：7。依表3-2，白天大樓正常員工數約為9,000人。另外，依據該大樓人員管理系統（訪客發卡機及換證管理）所顯示之上班時段每月訪客人數（以22天計）約24,500~27,700人，平均每天約為1,110~1,260人，每小時約為139~158人。

此外，91F、89F、88F、86F、85F、84F、36F為供觀景台、餐廳、商店、宴會廳、會議中心使用，屬供不特定人員出入之場所，對大樓整體避難設施及避難計畫並不了解，且位於大樓中、高層部，因此在火災等緊急狀況下，人員之避難引導、避難途徑之選定及避難過程協助，事前應有完整之避難計畫，方可面對災害事故之挑戰。此部分訪客包括在餐廳（85、86F）、宴會廳（84F）及會議中心（36F）的容留人員，因該場所有固定座位，或可以安排座位，故人數較容易掌握，依該大樓人員管理單位估計，最多可容納1,150人。另外，觀景台（91F、89F）、商店（88F）的容留人群以國內、外觀光客為主，估算上以售票數量估計，平時每天約有2,700 ± 200人，假日每天約有4,500±500人，換算平均每小時（營業時間10小時）人數的話，平時290~250人，假日500~400人。

貳、塔樓空間避難特性

一、出租辦公室樓層

(一)空間特性

如圖 3-3 所示為一典型辦公室樓層之空間配置，由該圖可得知台北 101 大樓之建築空間設計乃採用典型辦公大樓空間配置之設計，也就是將大樓中之電梯間、樓梯間、機械管道間、茶水間、盥洗室等非辦公用空間，全數集中於建築物之中心核(Core)區內；而將辦公空間分配於四周，該中心核面積約 25m×25m (625m²)。該此種設計法方便人員之使用及可以節省建築物有限空間之使用，一旦發生火災時，供人員避難逃生之路線容易全數遭受到火、煙之影響。

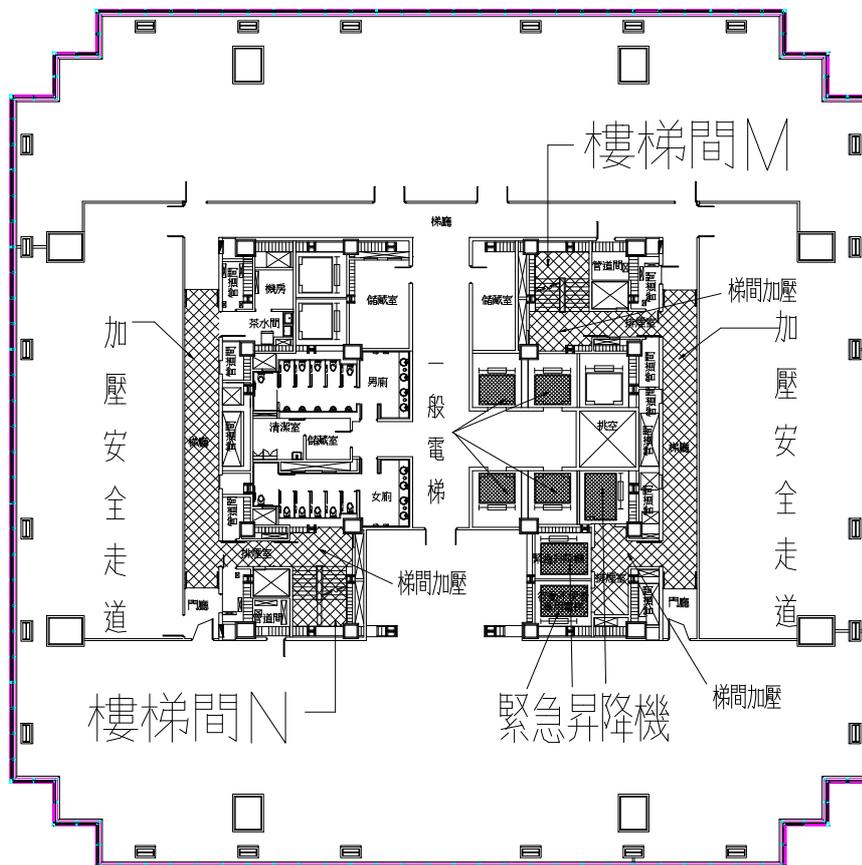


圖 3-3 台北 101 大樓標準層辦公層平面圖

(二)內部裝修

建築物之內部裝修材料（包含居室、走廊、通道）均依照建築技術規則設計施工篇第 88 條內部裝修限制相關規定，採用耐燃一級之不燃材料，另外地毯則依消防法規使用防焰物品。

(三)人員平日出入動線：

塔樓辦公區人員期日常之進出大樓之方式以搭乘一般電梯為主，視樓層之位置會在不同之樓層進行電梯之轉乘，因此以電梯進出建築物為人員最熟悉之方式，但在火災緊急狀況下，一旦電梯停止服務時，人員只能改以室內特別安全梯移動到安全或者暫時安全之地點避難。

(四)加壓之避難通道

每層辦公室設有兩處防火區劃之加壓安全走道，並分別連接兩座加壓之特別安全梯間(M 樓梯與 N 樓梯)，並可進一步疏散至每 8 層所設之機械層中的安全避難室。每側加壓安全走道之面積約為 40~50 m²。當塔樓辦公室區發生火災等緊急事故時，人員由辦公室進入加壓安全走道(或加壓迴廊)、再進入到編號為 M 及 N 之加壓特別安全梯進行逃生。

加壓安全走道為機械送風設計，而在排煙室之排煙設備係依據起造當時消防法規，採用機械排煙、自然進風方式設計，排煙風機設於機械層，排煙風管連接上、下各 8 層（共 16 層）之排煙室，而進風管之室外風門則設置於該 16 層之最低層。另外，樓梯間則為機械送風設計。因此，3 個連續空間構成一個正壓的避難通道空間。基本上，人員只要進入加壓走道，理論上即可視為安全。加壓走道壓力值及樓梯加壓值，如表 3-3 示：

表 3-3 台北 101 大樓加壓走道壓力值及樓梯加壓值

樓層	加壓走道加壓值(Pa)	特別安全梯加壓值(Pa)		樓層	加壓走道加壓值(Pa)	特別安全梯加壓值(Pa)	
		M	N			M	N
90~93		87		34~41		50	
82~89		85		26~33		51	

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

74~81	79	18~25	56
66~73	73	8~17	60
58~65	68	1~7	66
50~57	62	B5~B1	21
42~49	56	-	-

(五)避難弱者與消防救災通道

除加壓走道與樓梯加壓外，塔樓每層設有 2 台緊急升降機及一台貨用電梯，其緊急升降機間連接加壓走道，可作為建築物火災初期供無法使用樓梯避難之避難弱者避難及消防救災使用。

二、機械設備層

台北 101 金融大樓每 8 層樓設有機械設備層，主要作為裝設排煙設備、空調主設備、消防安全設備等機械設備使用；平日無人或者只有一兩位工作人員；每層機械設備層中設有兩處安全避難室，並連接大樓內之編號為”M”及”N”之特別安全梯，作為火災等緊急狀況時人員暫時避難之處所如圖 3-4 所示，34 層以上之機械設備層設有戶外之避難平台，此戶外之避難平台可作為大樓清潔及人員暫時避難使用，典型之機械設備層配置如圖 3-5 所示。

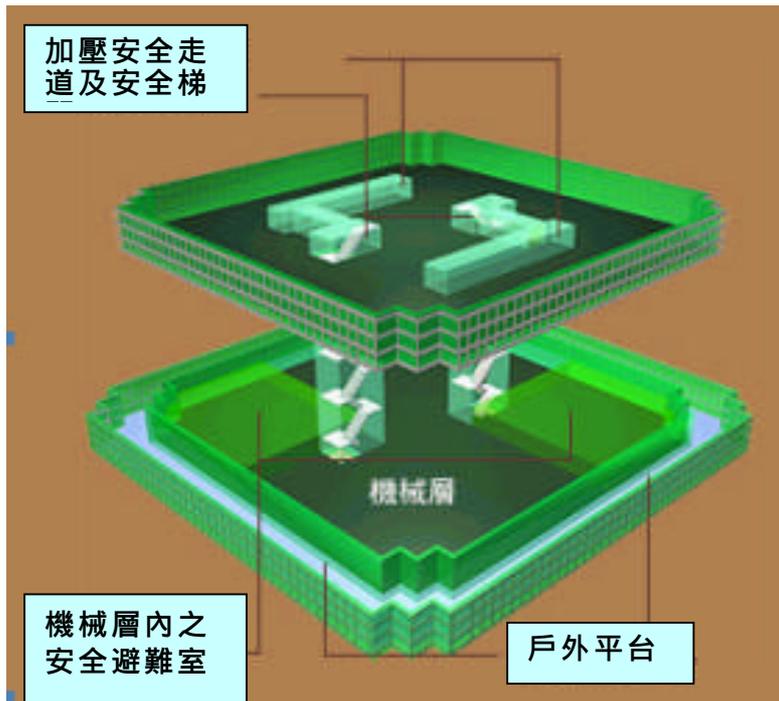


圖 3-4 台北 101 大樓機械設備層之安全避難室示意圖



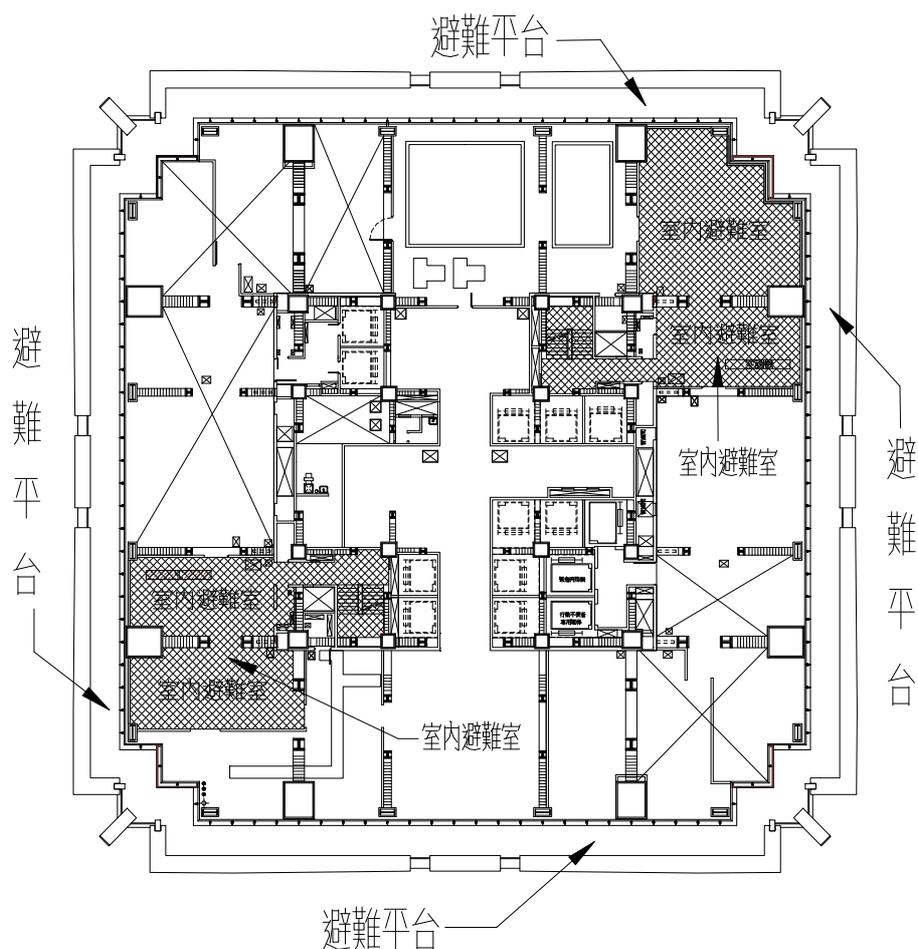


圖 3-5 台北 101 大樓典型機械設備層平面圖

三、觀景層與觀景餐廳

塔樓第 89、88、86 層為供觀景台、餐廳及俱樂部使用，平日供市民登高望遠及飲食使用，屬供不特定人員出入之場所，旅客於 1 樓大廳層搭乘目前全世界最快速之高速電梯到達，離開時亦同，因位於大樓之高層部，對大樓整體避難設施及避難計畫不了解，因此在火災等緊急狀況下，人員之避難引導、避難途徑之選定及避難過程協助，事前應有完整之避難計畫，方可面對災害事故之挑戰。

參、塔樓樓梯

塔樓設有 13 座室內安全梯及 2 座特別安全梯，樓梯編號 M 與 N 的

兩座特別安全梯，由地下 5 層直通塔樓 93 樓，為貫穿整座塔樓用途建物的避難用直通樓梯，並設有樓梯加壓。基此，若災害發生時，塔樓內部之辦公人員或訪客來賓，當無法利用一般電梯進行避難時，僅能靠此兩座特別安全梯到底地面之避難層完成避難逃生。另外，行動不便者或避難弱者欲到達位於各機械層等待救援之避難集結區，亦需利用該兩座直通樓梯才可進入該水平相對安全區域。另外，I 梯與 L 梯亦屬特別安全梯，其可連通 1 樓~17 樓；普通樓梯的部分，14 梯與 15 梯可連通 1 樓~4 樓；V 梯與 W 梯則可連通 1 樓~2 樓。茲將其相關樓梯所服務之樓層整理，如表 3-4 所示。

表 3-4 台北 101 大樓塔樓樓梯對照表

	樓梯 寬度 (公尺)	93~1 01 層	93 層	18~9 2 層	5~1 層	4 層	3 層	2 層	地 面 層	B1	B2	B3	B4	B5	備註
STAIR M (特別安全梯)	1.4														加壓樓梯
STAIR N (特別安全梯)	1.4														加壓樓梯
STAIR I (特別安全梯)	1.4														
STAIR L (特別安全梯)	1.4														
STAIR 14 (普通樓梯)	2.05														
STAIR 15 (普通樓梯)	2.05														
STAIR V (普通樓梯)	1.28														
STAIR W	1.28														

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

(普通樓梯)																			
STAIR T (室內安全梯)	0.9																		
STAIR S (室內安全梯)	0.9																		

肆、塔樓電梯

一、轉換層

為了快速運輸上下樓人潮，並減少電梯井數量(節省樓地板面積)，台北 101 金融大樓採用雙層電梯，將來尖峰時間要上樓很可能是「往單數樓層請在一樓排隊，往雙數樓層請在二樓排隊」。另外為了使各部電梯"分工"，和其他摩天大樓一樣，台北 101 金融大樓設有"轉換層"，分別在第 35、36 層及第 59、60 層，例如往第 59~84 層要在 1、2 樓坐直達電梯到第 59、60 層後再"轉車"。往第 35~58 層要在 1、2 樓坐直達電梯到第 35、36 層後再"轉車"，此設計是讓每部電梯所停樓層盡量減少，以節省大家的時間。台北新光摩天大樓亦有此設計。有時轉換層用不完整的樓層，所以轉換層該層有時也會有出租辦公室。以轉換層區隔，辦公區分為高樓層段為第 84~59 層，中樓層段為第 58~35 層，低樓層段為第 34~7 層。塔樓轉換層配置如圖 3-6 所示：

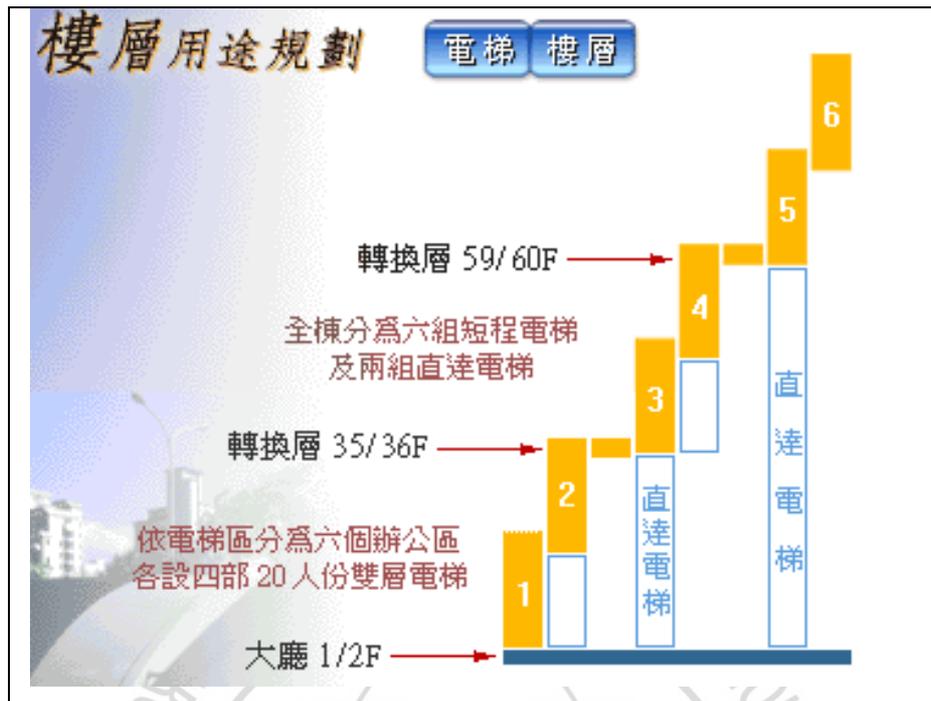


圖 3-6 台北 101 大樓塔樓轉換層配置圖

二、昇降設備系統：

台北 101 大樓室內垂直運輸系統分為高速電梯、緊急昇降機、貨用電梯、一般客用電梯及地下停車空間用電梯等總計有共 61 台，但此 61 台室內電梯並不具有防水功能，火災時消防栓射水及撒水等其他水系統之水流入電梯井中可能會造成電梯之當機。茲將各種用途電梯說明如下：

(一)高速電梯

通往第 89、88、86、85 觀景層及觀景餐廳的 2 台(編號分別 OB38 及 OB39)高速電梯為全世界最快速之電梯，其上昇速度可高達每分鐘 1,010 公尺，每趟上行 43 秒、下行 52.3 秒，上下一趟約 3.5 分鐘。

(二)一般客用電梯

為了快速運輸上下樓人潮，並減少電梯井數量(增加可用樓地板面積)，台北 101 金融大樓採用雙層電梯，尖峰時段要上樓會是「往單數樓

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

層請在一樓排隊，往雙數樓層請在二樓排隊。辦公室區使用雙層電梯，1樓電梯口往奇數辦公樓層，2樓電梯口往偶數辦公樓層。從1、2樓往樓上辦公室區的電梯，低層不停，除5樓外，直到9樓才有停靠，並且無法到達地下樓，須於1、2樓轉乘B5~6F的電梯。共有10台雙層電梯直達電梯轉換層(編號為SL28~SL37)；24台雙層電梯到各區樓層(編號為PE1~PE4、PE5~PE8、P9~PE12、PE13~PE16、PE19~PE22、PE23~PE26)(共6區層，每區層專用電梯4台)。

(三)緊急昇降機及貨用電梯

緊急昇降機2台(編號分為別SE40及SE41)及貨用電梯1台(編號為SE42)，位於中央核東南部，屬單層電梯，緊急昇降機間連接加壓走道，可用作為避難弱者初期避難與消防救災使用。火警時可供消防員迅速上樓。

(四)停車場電梯

共17台單層電梯服務樓層從B5~6樓。

以上電梯配置、停靠樓層及電梯性能、規格如圖3-7，表3-5及3-6所示：

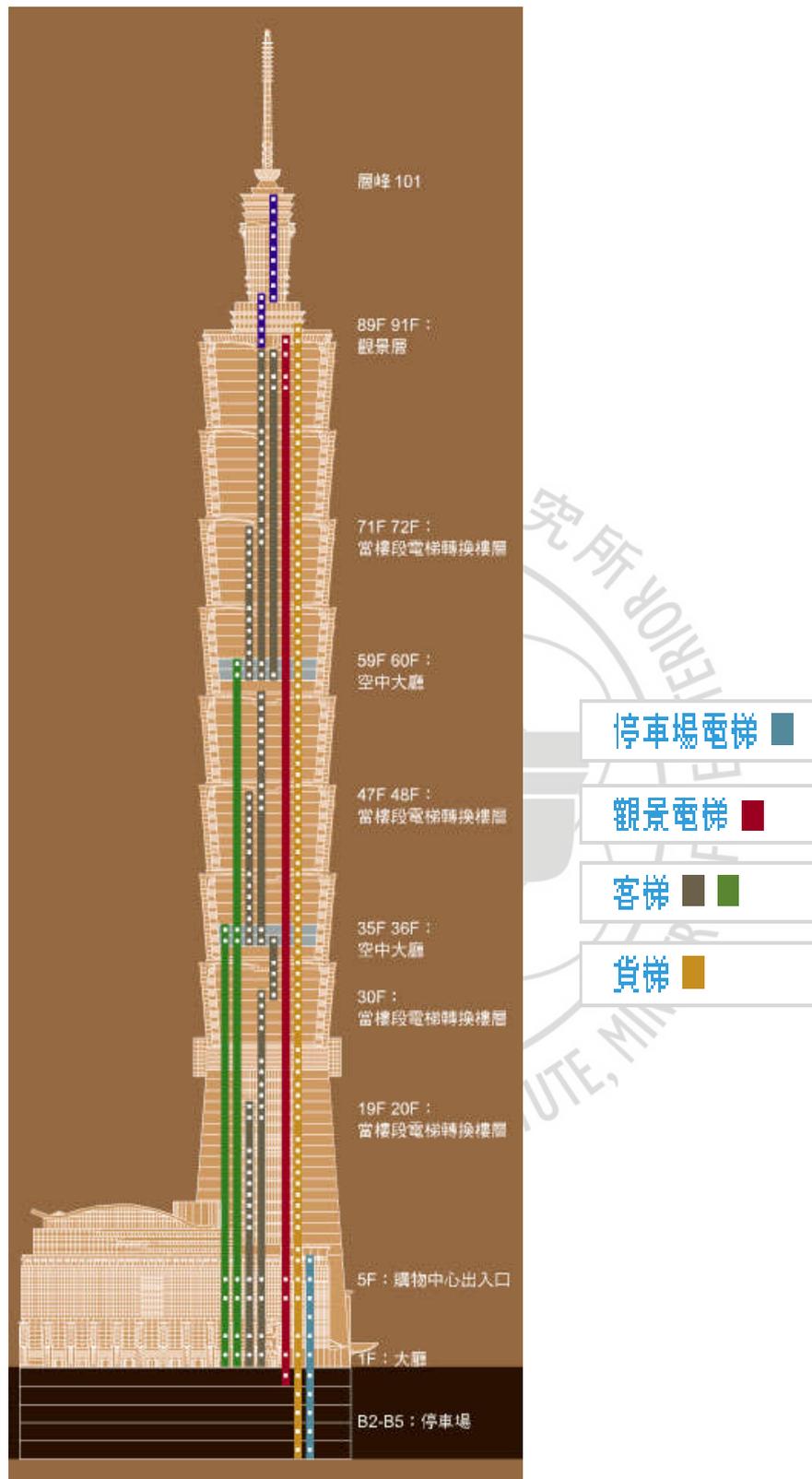


圖 3-7 台北 101 大樓之垂直運輸系統

表 3-5 台北 101 大樓電梯停靠樓層配置表

用途	樓層	電梯編號											
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12
室內觀景台	101												
設備層	100												
設備層	99												
設備層	98												
設備層	97												
設備層	96												
設備層	95												
設備層	94												
轉換層	93												
設備層	92												
室外觀景台	91												
設備層	90												
室內觀景台	89												
景觀餐廳	88												
設備層	87												
景觀餐廳	86												
VIP 俱樂部	85												
出租辦公室	84												
出租辦公室	83												
設備層	82												
出租辦公室	81												
出租辦公室	80												
出租辦公室	79												
出租辦公室	78												
出租辦公室	77												

用途	樓層	電梯編號											
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12
出租辦公室	76												
出租辦公室	75												
設備層	74												
出租辦公室	73												
出租辦公室	72												
出租辦公室	71												
出租辦公室	70												
出租辦公室	69												
出租辦公室	68												
出租辦公室	67												
設備層	66												
出租辦公室	65												
出租辦公室	64												
出租辦公室	63												
出租辦公室	62												
出租辦公室	61												
轉換層	60												
轉換層	59												
設備層	58												
出租辦公室	57												
出租辦公室	56												
出租辦公室	55												
出租辦公室	54												
出租辦公室	53												
出租辦公室	52												
出租辦公室	51												
設備層	50									OH	OH	OH	OH

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號											
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12
出租辦公室	49									U	U	U	U
出租辦公室	48												
出租辦公室	47												
出租辦公室	46												
出租辦公室	45												
出租辦公室	44												
出租辦公室	43												
設備層	42												
出租辦公室	41												
出租辦公室	40												
出租辦公室	39												
出租辦公室	38												
出租辦公室	37												
轉換層	36												
轉換層	35												
設備層	34									P	P	P	P
出租辦公室	33												
出租辦公室	32					OH	OH	OH	OH				
出租辦公室	31					U	U	U	U				
出租辦公室	30												
出租辦公室	29												
出租辦公室	28												
出租辦公室	27												
設備層	26												
設備層	25												
出租辦公室	24												
出租辦公室	23												

用途	樓層	電梯編號											
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12
出租辦公室	22	OH	OH	OH	OH								
出租辦公室	21	U	U	U	U								
出租辦公室	20												
出租辦公室	19												
設備層	18												
設備層	17												
出租辦公室	16												
出租辦公室	15												
交易所總部	14												
交易所總部	13												
出租辦公室	12												
出租辦公室	11												
交易所總部	10												
交易所總部	9												
設備層	8												
設備層	7												
佳姿健身中心	6												
佳姿健身中心	5												
Page One 書店	M4												
	4												
托兒所 or 餐廳	3												
入口大廳 往雙數樓層	2												
入口大廳	1												

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號											
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12
往單數樓層													
		PE1	PE2	PE3	PE4	PE5	PE6	PE7	PE8	PE9	PE10	PE11	PE12

(續表 3-5)

用途	樓層	電梯編號											
		PE13	PE14	PE15	PE16	PE17	PE18	PE19	PE20	PE21	PE22	PE23	PE24
室內觀景台	101												
設備層	100												
設備層	99												
設備層	98												
設備層	97												
設備層	96												
設備層	95												
設備層	94												
轉換層	93												
設備層	92												
室外觀景台	91												
設備層	90												
室內觀景台	89												OH
景觀餐廳	88												
阻尼器設備層	87												
景觀餐廳	86												
VIP 俱樂部	85											OH	
出租辦公室	84												

用途	樓層	電梯編號											
		PE1 3	PE1 4	PE1 5	PE1 6	PE1 7	PE1 8	PE1 9	PE2 0	PE2 1	PE2 2	PE2 3	PE2 4
出租辦公室	83												
設備層	82												
出租辦公室	81												
出租辦公室	80												
出租辦公室	79												
出租辦公室	78												
出租辦公室	77												
出租辦公室	76												
出租辦公室	75												
設備層	74							OH	OH	OH	OH		
出租辦公室	73							U	U	U	U		
出租辦公室	72												
出租辦公室	71												
出租辦公室	70												
出租辦公室	69												
出租辦公室	68												
出租辦公室	67												
設備層	66												
出租辦公室	65												
出租辦公室	64												
出租辦公室	63												
出租辦公室	62												
出租辦公室	61												
轉換層	60												
轉換層	59	OH	OH	OH	OH								
設備層	58	U	U	U	U			P	P	P	P	P	P
出租辦公室	57												

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號											
		PE1 3	PE1 4	PE1 5	PE1 6	PE1 7	PE1 8	PE1 9	PE2 0	PE2 1	PE2 2	PE2 3	PE2 4
出租辦公室	56												
出租辦公室	55												
出租辦公室	54												
出租辦公室	53												
出租辦公室	52												
出租辦公室	51												
設備層	50												
出租辦公室	49												
出租辦公室	48												
出租辦公室	47												
出租辦公室	46												
出租辦公室	45												
出租辦公室	44												
出租辦公室	43												
設備層	42												
出租辦公室	41												
出租辦公室	40												
出租辦公室	39												
出租辦公室	38												
出租辦公室	37												
轉換層	36					OH	OH						
轉換層	35					•	•						
設備層	34	P	P	P	P								
出租辦公室	33					•	•						
出租辦公室	32					•	•						
出租辦公室	31					•	•						

用途	樓層	電梯編號											
		PE1 3	PE1 4	PE1 5	PE1 6	PE1 7	PE1 8	PE1 9	PE2 0	PE2 1	PE2 2	PE2 3	PE2 4
出租辦公室	30					●	●						
出租辦公室	29					P	P						
出租辦公室	28												
出租辦公室	27												
設備層	26												
設備層	25												
出租辦公室	24												
出租辦公室	23												
出租辦公室	22												
出租辦公室	21												
出租辦公室	20												
出租辦公室	19												
設備層	18												
設備層	17												
出租辦公室	16												
出租辦公室	15												
交易所總部	14												
交易所總部	13												
出租辦公室	12												
出租辦公室	11												
交易所總部	10												
交易所總部	9												
設備層	8												
設備層	7												
佳姿健身中心	6												
佳姿健身中心	5												

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號											
		PE1 3	PE1 4	PE1 5	PE1 6	PE1 7	PE1 8	PE1 9	PE2 0	PE2 1	PE2 2	PE2 3	PE2 4
Page One 書店	M 4												
	4												
托兒所 or 餐廳	3												
入口大廳 往雙數樓層	2												
入口大廳 往單數樓層	1												
		PE1 3	PE1 4	PE1 5	PE1 6	PE1 7	PE1 8	PE1 9	PE2 0	PE2 1	PE2 2	PE2 3	PE2 4

(續表 3-5)

用途	樓層	電梯編號											
		PE2 5	PE2 6	PE2 7	SL2 8	SL2 9	SL3 0	SL3 1	SL3 2	SL3 3	SL3 4	SL3 5	SL3 6
室內觀景台	10 1												
設備層	10 0												
設備層	99												
設備層	98												
設備層	97												
設備層	96												
設備層	95												
設備層	94												
轉換層	93												
設備層	92												
室外觀景台	91												
設備層	90												

用途		電梯編號											
		PE2 5	PE2 6	PE2 7	SL2 8	SL2 9	SL3 0	SL3 1	SL3 2	SL3 3	SL3 4	SL3 5	SL3 6
室內觀景台	89	OH		OH									
景觀餐廳	88			●									
設備層	87												
景觀餐廳	86			●									
VIP 俱樂部	85		OH	●									
出租辦公室	84												
出租辦公室	83												
設備層	82			□									
出租辦公室	81												
出租辦公室	80												
出租辦公室	79												
出租辦公室	78												
出租辦公室	77												
出租辦公室	76												
出租辦公室	75			□									
設備層	74												
出租辦公室	73												
出租辦公室	72												
出租辦公室	71												
出租辦公室	70												
出租辦公室	69												
出租辦公室	68												
出租辦公室	67			□									
設備層	66												
出租辦公室	65												
出租辦公室	64												
出租辦公室	63												

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途		電梯編號											
		PE2 5	PE2 6	PE2 7	SL2 8	SL2 9	SL3 0	SL3 1	SL3 2	SL3 3	SL3 4	SL3 5	SL3 6
出租辦公室	62									OH	OH	OH	OH
出租辦公室	61									OH	OH	OH	OH
轉換層	60												
轉換層	59												
設備層	58	P	P	P									
出租辦公室	57												
出租辦公室	56												
出租辦公室	55												
出租辦公室	54												
出租辦公室	53												
出租辦公室	52												
出租辦公室	51												
設備層	50												
出租辦公室	49												
出租辦公室	48												
出租辦公室	47												
出租辦公室	46												
出租辦公室	45												
出租辦公室	44												
出租辦公室	43												
設備層	42									□	□	□	□
出租辦公室	41												
出租辦公室	40												
出租辦公室	39												
出租辦公室	38				OH	OH	OH	OH	OH				
出租辦公室	37				OH	OH	OH	OH	OH				
轉換層	36												

用途		電梯編號											
		PE2 5	PE2 6	PE2 7	SL2 8	SL2 9	SL3 0	SL3 1	SL3 2	SL3 3	SL3 4	SL3 5	SL3 6
轉換層	35												
設備層	34												
出租辦公室	33												
出租辦公室	32												
出租辦公室	31												
出租辦公室	30												
出租辦公室	29												
出租辦公室	28												
出租辦公室	27												
設備層	26												
設備層	25				□	□	□		□	□	□	□	□
出租辦公室	24												
出租辦公室	23												
出租辦公室	22												
出租辦公室	21												
出租辦公室	20												
出租辦公室	19												
設備層	18												
設備層	17				□	□	□		□	□	□	□	□
出租辦公室	16												
出租辦公室	15												
交易所總部	14												
交易所總部	13												
出租辦公室	12												
出租辦公室	11												
交易所總部	10												
交易所總部	9												

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途		電梯編號											
		PE2 5	PE2 6	PE2 7	SL2 8	SL2 9	SL3 0	SL3 1	SL3 2	SL3 3	SL3 4	SL3 5	SL3 6
設備層	8												
設備層	7				□	□	□		□	□	□	□	□
佳姿健身 中心	6												
佳姿健身 中心	5												
Page One 書店	M4												
	4												
托兒所 or 餐廳	3												
入口大廳 往雙數樓層	2												
入口大廳 往單數樓層	1												
		PE2 5	PE2 6	PE2 7	SL2 8	SL2 9	SL3 0	SL3 1	SL3 2	SL3 3	SL3 4	SL3 5	SL3 6

(續表 3-5)

用途	樓層	電梯編號											
		SL3 7	OB3 8	OB3 9	SE4 0	SE4 1	SE4 2	PE4 3	PS4 4	PS4 5	PS4 6	PS4 7	PS48
室內觀景台	10 1							●					
設備層	10 0							●					
設備層	99							●					
設備層	98							●					
設備層	97							●					
設備層	96							●					

用途	樓層	電梯編號											
		SL3 7	OB3 8	OB3 9	SE4 0	SE4 1	SE4 2	PE4 3	PS4 4	PS4 5	PS4 6	PS4 7	PS48
設備層	95							●					
設備層	94							●					
轉換層	93		OH	OH				●					
設備層	92		OH	OH	OH	OH		P					
室外觀景台	91		OH	OH	OH	OH							
設備層	90		OH	OH	●	●	OH						
室內觀景台	89		●	●	●	●	OH						
景觀餐廳	88		●	●	●	●	●						
阻尼器設備層	87				●	●	●						
景觀餐廳	86		●	●	●	●	●						
VIP 俱樂部	85		●	●	●	●	●						
出租辦公室	84				●	●	●						
出租辦公室	83				●	●	●						
設備層	82		□	□	●	●	●						
出租辦公室	81				●	●	●						
出租辦公室	80				●	●	●						
出租辦公室	79				●	●	●						
出租辦公室	78				●	●	●						
出租辦公室	77				●	●	●						
出租辦公室	76				●	●	●						
出租辦公室	75				●	●	●						
設備層	74		□	□	●	●	●						
出租辦公室	73				●	●	●						
出租辦公室	72				●	●	●						
出租辦公室	71				●	●	●						
出租辦公室	70				●	●	●						

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號											
		SL3 7	OB3 8	OB3 9	SE4 0	SE4 1	SE4 2	PE4 3	PS4 4	PS4 5	PS4 6	PS4 7	PS48
出租辦公室	69				•	•	•						
出租辦公室	68				•	•	•						
出租辦公室	67				•	•	•						
設備層	66		□	□	•	•	•						
出租辦公室	65				•	•	•						
出租辦公室	64				•	•	•						
出租辦公室	63				•	•	•						
出租辦公室	62	OH			•	•	•						
出租辦公室	61	OH			•	•	•						
轉換層	60				•	•	•						
轉換層	59				•	•	•						
設備層	58		□	□	•	•	•						
出租辦公室	57				•	•	•						
出租辦公室	56				•	•	•						
出租辦公室	55				•	•	•						
出租辦公室	54				•	•	•						
出租辦公室	53				•	•	•						
出租辦公室	52				•	•	•						
出租辦公室	51				•	•	•						
設備層	50		□	□	•	•	•						
出租辦公室	49				•	•	•						
出租辦公室	48				•	•	•						
出租辦公室	47				•	•	•						
出租辦公室	46				•	•	•						
出租辦公室	45				•	•	•						
出租辦公室	44				•	•	•						
出租辦公室	43				•	•	•						

用途	樓層	電梯編號											
		SL3 7	OB3 8	OB3 9	SE4 0	SE4 1	SE4 2	PE4 3	PS4 4	PS4 5	PS4 6	PS4 7	PS48
設備層	42		□	□	●	●	●						
出租辦公室	41				●	●	●						
出租辦公室	40				●	●	●						
出租辦公室	39				●	●	●						
出租辦公室	38				●	●	●						
出租辦公室	37				●	●	●						
轉換層	36				●	●	●						
轉換層	35				●	●	●						
設備層	34		□	□	●	●	●						
出租辦公室	33				●	●	●						
出租辦公室	32				●	●	●						
出租辦公室	31				●	●	●						
出租辦公室	30				●	●	●						
出租辦公室	29				●	●	●						
出租辦公室	28				●	●	●						
出租辦公室	27				●	●	●						
設備層	26												
設備層	25		□	□	●	●	●						
出租辦公室	24				●	●	●						
出租辦公室	23				●	●	●						
出租辦公室	22				●	●	●						
出租辦公室	21				●	●	●						
出租辦公室	20				●	●	●						
出租辦公室	19				●	●	●						
設備層	18												
設備層	17				●	●	●						
出租辦公室	16				●	●	●						

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號											
		SL3 7	OB3 8	OB3 9	SE4 0	SE4 1	SE4 2	PE4 3	PS4 4	PS4 5	PS4 6	PS4 7	PS48
出租辦公室	15				•	•	•						
交易所總部	14				•	•	•						
交易所總部	13				•	•	•						
出租辦公室	12				•	•	•						
出租辦公室	11				•	•	•						
交易所總部	10				•	•	•						
交易所總部	9				•	•	•						
設備層	8												
設備層	7		□	□	•	•	•						
佳姿健身中心	6				•	•	•		•	•	•	•	•
佳姿健身中心	5		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•
Page One 書店	M 4												
	4		•	•	•	•	•		R•	R•	R•	R•	R•
托兒所 or 餐廳	3								•	•	•	•	•
入口大廳 往雙數樓層	2				•	•	•		•	•	•	•	•
入口大廳 往單數樓層	1		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•
		SL3 7	OB3 8	OB3 9	SE4 0	SE4 1	SE4 2	PE4 3	PS4 4	PS4 5	PS4 6	PS4 7	PS48

(續表 3-5)

用途	樓層	電梯編號					
		PS49	PE63	PE50	PE51	PE58	FE56

用途	樓層	電梯編號					
		PS49	PE63	PE50	PE51	PE58	FE56
室內觀景台	101						
設備層	100						
設備層	99						
設備層	98						
設備層	97						
設備層	96						
設備層	95						
設備層	94						
轉換層	93		●				
設備層	92		●				
室外觀景台	91		●				
設備層	90		●				
室內觀景台	89		●				
景觀餐廳	88		P				
阻尼器設備層	87						
景觀餐廳	86						
VIP 俱樂部	85						
出租辦公室	84						
出租辦公室	83						
設備層	82						
出租辦公室	81						
出租辦公室	80						
出租辦公室	79						
出租辦公室	78						
出租辦公室	77						
出租辦公室	76						
出租辦公室	75						
設備層	74						

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號					
		PS49	PE63	PE50	PE51	PE58	FE56
出租辦公室	73						
出租辦公室	72						
出租辦公室	71						
出租辦公室	70						
出租辦公室	69						
出租辦公室	68						
出租辦公室	67						
設備層	66						
出租辦公室	65						
出租辦公室	64						
出租辦公室	63						
出租辦公室	62						
出租辦公室	61						
轉換層	60						
轉換層	59						
設備層	58						
出租辦公室	57						
出租辦公室	56						
出租辦公室	55						
出租辦公室	54						
出租辦公室	53						
出租辦公室	52						
出租辦公室	51						
設備層	50						
出租辦公室	49						
出租辦公室	48						
出租辦公室	47						
出租辦公室	46						

用途	樓層	電梯編號					
		PS49	PE63	PE50	PE51	PE58	FE56
出租辦公室	45						
出租辦公室	44						
出租辦公室	43						
設備層	42						
出租辦公室	41						
出租辦公室	40						
出租辦公室	39						
出租辦公室	38						
出租辦公室	37						
轉換層	36						
轉換層	35						
設備層	34						
出租辦公室	33						
出租辦公室	32						
出租辦公室	31						
出租辦公室	30						
出租辦公室	29						
出租辦公室	28						
出租辦公室	27						
設備層	26						
設備層	25						
出租辦公室	24						
出租辦公室	23						
出租辦公室	22						
出租辦公室	21						
出租辦公室	20						
出租辦公室	19						
設備層	18						

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

用途	樓層	電梯編號					
		PS49	PE63	PE50	PE51	PE58	FE56
設備層	17						
出租辦公室	16						
出租辦公室	15						
交易所總部	14						
交易所總部	13						
出租辦公室	12						
出租辦公室	11						
交易所總部	10						
交易所總部	9						
設備層	8						
設備層	7						
佳姿健身中心	6	●					
佳姿健身中心	5	●		●	●		●
Page One 書店	M4						
	4	R●		●	●		●
托兒所 or 餐廳	3	●		●	●		●
入口大廳 往雙數樓層	2	●		●	●		●
入口大廳 往單數樓層	1	●		●	●	R●	R●
		PS49	PE63	PE50	PE51	PE58	FE56

圖示說明：

- ： 大廳層
- ： 服務樓層
- ： 通過樓層
- U： 下層車廂服務上層樓
- ： 雙層電梯服務樓層

- ： 機房
P : 底坑
R : 前後出入口
□ : 緊急出入口

表 3-6 台北 101 大樓之電梯性能規格表

電梯編號	電梯車數	載重能量 (Kgw)	載重人數 (N)	運行速度 (m/min)	加速度 (m/sec ²)	服務樓層 (F. L.)	停靠樓層數數	電梯門大小 (寬*高 ; m)	電梯車廂大小 (寬*深*高 ; m)
PE1~PE4	4	1350	10/10	150	1.1	1、2、M4、5、9~16、19、20	14	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE5~PE8	4	1350	10/10	360	1.1	1、2、M4、5、19~24、27~30	14	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE9~PE12	4	1350	10/10	150	1.1	35、36、37~41、43~48	13	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE13~PE16	4	1350	10/10	210	1.1	35、36、47~49、51~57	12	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE17、PE18	2	1350	10	105	1.1	30~33、35	5	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE19~PE22	4	1350	10/10	150	1.1	59、60、61~66、67~72	13	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE23、PE26	2	1350	10/10	210	1.1	59、60、71~73、75~81、83~84	14	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE24、PE25	2	1350	10/10	210	1.1	59、60、71~73、75~81、83~85、86、88	17	1.1*2.4	2*1.5*2.6
PE27	1	1600	16	210	1.1	59、85、86、88	4	1.1*2.4	2.15*1.625*2.6
SL28~SL32	5	2040	20/20	300	1.1	1、2、M4、5、35、36	6	1.325*2.4	2.15*1.88*2.6
SL33~SL37	5	2040	20/20	480	1.1	1、2、M4、5、35、36、88、89	8	1.325*2.4	2.15*1.88*2.6
OB38、OB39	2	1600	16	1010(上) 600(下)	1.1	B1、1、4、5、85、86、88、89	8	1.2*2.4	2.025*1.7*2.6
SE40、SE41	2	2040	20	480	1.1	B5~B1、1~2、4~7、9~17、19~25、27~30	91	1.4*2.75/1.4*2.4(B5~B3)	1.75*2.25*3.65

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

電梯編號	電梯車數	載重能量 (Kgw)	載重人數 (N)	運行速度 (m/min)	加速度 (m/sec ²)	服務樓層 (F. L.)	停靠樓層數數	電梯門大小 (寬*高 ; m)	電梯車廂大小 (寬*深*高 ; m)
SE42	1	4800	-	480	1.1	B2~B1、1~2、4~7、9~17、19~25、27~88	86	1.3*2.4	1.7*2.45*3.65
PE43	1	1150	-	105	1.1	93~101	9	0.9*2.1	1.6*1.5*2.3
PE44~PE46	3	1600	-	120	1.1	B5~B1、4(後) ; 1、2、3、5、6(前)	11	1.1*2.4	1.86*1.68*2.6
PE47~PE49	3	1600	-	120	1.1	B5~B1、4(後) ; 1、2、3、5、6(前)	11	1.1*2.4	1.86*1.68*2.6
PE50~PE51	2	1800	-	120	1.1	B5~B1、1~5	10	1.1*2.4	2.15*1.6*2.5
PE52~PE53	2	1800	-	120	1.1	B5~B1、1~5	10	1.1*2.4	2.15*1.6*2.5
SE54、SE55	2	2040	-	60	1.1	B2(後) ; B1~5(前)	7	1.2*2.75	1.725*2.45*3.65
FE56	1	3000	-	60	1.1	B2~B1、2~5(前) ; 1(後)	7	2.4*2.4	2.4*5.3*2.4
SE57	1	2040	-	60	1.1	B2~B1、1~6	8	1.2*2.75	1.725*2.45*3.35
PE58	1	1150	-	45	1.1	B1(前) ; 1(後)	2	1.1*2.1	1.8*1.5*2.3
PE63	1	1000	-	60	1.1	89、90~93	5	0.9*2.1	1.6*1.5*2.3
SE64、SE65	2	2040	-	60	1.1	B2(後) ; B1~3(前)	6	1.2*2.75	1.725*2.45*3.65

第三節 防災應變及消防避難演練

壹、營運中防火安全管理

101 大樓自正式營運之前，即規劃有完整之營運中防火安全管理對策，其重點乃是藉由有效的營運中防火計畫書，結合平時經過防火安全訓練之人員，以確保在火災緊急狀況下採取適當之緊急應變處置，達成火災控制及人員順利逃生之目標。如圖 3-8 所示，分別依災害防護與應變邏輯規劃預防起火對策、平常維護管理對策及從業人員(大樓營運相關人員)防火安全教育實施對策，以提供平日未發生火災等緊急事故之減災目標。

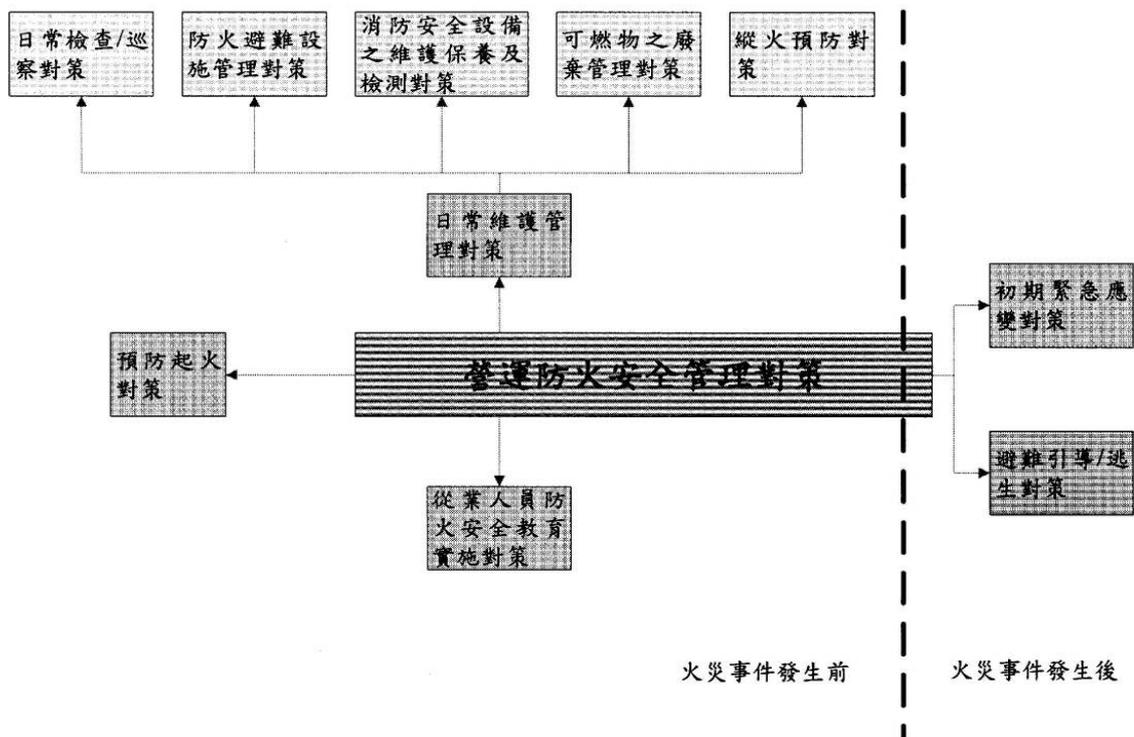


圖 3-8 台北 101 大樓營運防火安全管理對策體系架構

此外，考量在發生火災之後如何將人命安全及財產安全之損失降至最低，尚規劃有初期應變對策及避難逃生引導對策，以提供大樓管理員工及承租戶能夠參考運用之作業。再者，考量災害擴大之可能性，擬定緊急應變操作程序及自衛消防編組計畫，提升 101 大樓自救及控制災害擴大之能力。除透過擬定消防安全防護演練計畫，並規定每半年應執行初期緊急應變及緊急應變演練緊急應變，以確保人員對計畫之熟悉度。同時經由不同假想狀況之反覆演練，讓不同編組員工能夠培養磨合默契，並從中思索可以再改進之處。

貳、防災應變組織與職掌

台北 101 大樓依據國內消防法規規定設立自衛消防編組，以因應一般狀況、緊急狀況及重大緊急狀況採取適當之緊急應變處理措施。台北 101 自衛消防編組架構(如圖 3-9)以其防災中心為整體組織應變中心，下分為指揮幕僚體系（防災應變指揮所）及緊急應變執行體系。因該大樓區分為裙樓與塔樓兩部分，且營業型態性質也不同，所以平日管理權責上亦分成購

在台北 101 大樓防災應變中心下，亦配合設置商場防災應變指揮所及大樓防災應變指揮所，各自負責其緊急應變作業之指揮決策工作，彼此為相輔互助的角色，屬於橫向聯繫機制。關於緊急應變執行體系，以自衛消防編組為緊急應變時之執行組織，分設滅火、避難引導、安全警戒（防護）、通報、搶修（救）、救護班等，以因應各種可能情況之緊急應變作業。

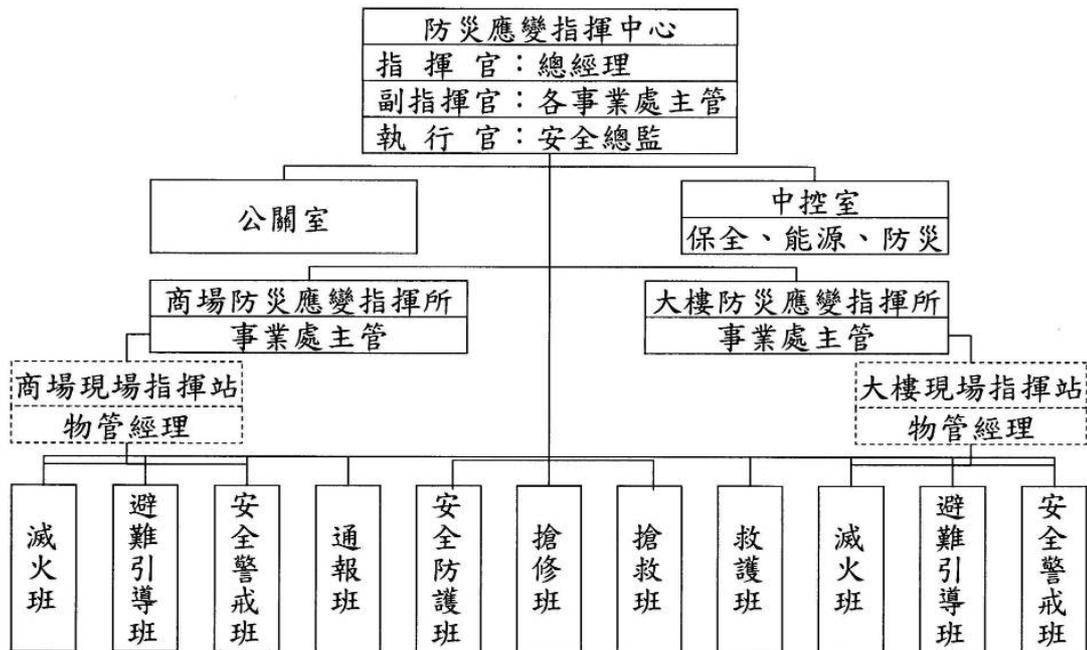


圖 3-9 台北 101 大樓自衛消防編組架構

有關於一般狀況、緊急狀況及重大緊急狀況應採取之緊急應變處理措施，概如表 3-7 所示。

表 3-7 台北 101 大樓緊急應變狀況區分表

區分	說明	
一般狀況	定義	指危安預警狀況需立即處理，但其尚未對本大樓營運產生影響且事故狀況在現場人員處理能力範圍內。
	狀況	消防偵煙告警訊號、門禁系統異常警報、EMCS 高溫告警局部區域停電、營運設施故障及其他現場一般狀況等。
	動作	1. 中控室立即通知相關業管部門派員前往確認、處理。 2. 中控室值班人員掌握全般狀況並記錄、回報。 3. 通報安全室。
緊急狀況	定義	指危安事故需立即處理，其對本大樓正常營運有影響，且超過現場人員處理能力範圍，需調派其他人員支援，惟尚在可控制處理範圍或需進一步查證者。
	狀況	事故造成人員受傷、人員電梯內受困、全區域停電、空調、水、電力等營運設備故障、不明原因濃煙及發現可疑爆裂物等。
	動作	1. 中控室立即通知各相關業管部門派員前往確認、處理。 2. 狀況報告各事業處主管、安全總監。 3. 中控室由值班主管指揮，事故現場依其影響程度由相關事業處主管或部主管負責指揮。 4. 安全總監視事故性質及應變狀態，適時接替全般指揮。 5. 中控室掌握全般狀況，記錄並隨時向安全總監通報。
重大緊急狀況	定義	指危安事故嚴重，其對在本大樓內活動人員已有安全顧慮，非立即處置及請求相關警、消機關支援，無法自行有效控制、處理。
	狀況	火災、意外事故造成多人傷亡、發現爆裂物或爆炸等重大危安事件已確實發生。
	動作	1. 中控室或事故察覺者立即將狀況報告安全總監、各事業處主管、總經理。 2. 依總經理指示，公司防災應變機制生效—成立防災應變指揮中心、發佈緊急廣播、實施疏散避難、通知警、消機關支援、防災應變編組人員依計畫執行救災任務等。 3. 總經理任指揮官，防災應變指揮中心（中控室）由安全總監進入指揮，事故地點由相關事業處主管負責指揮；警、消機關人員抵達現場後，協助其救災相關事宜。 4. 防災應變指揮中心與各事業處防災應變指揮所及支援之警、消機關保持密切聯繫，掌握全般狀況，並隨時向指揮官報告。

此外，針對上述狀況之防災應變處理流程，概如圖 3-10、3-11、3-12 所示。

一般狀況

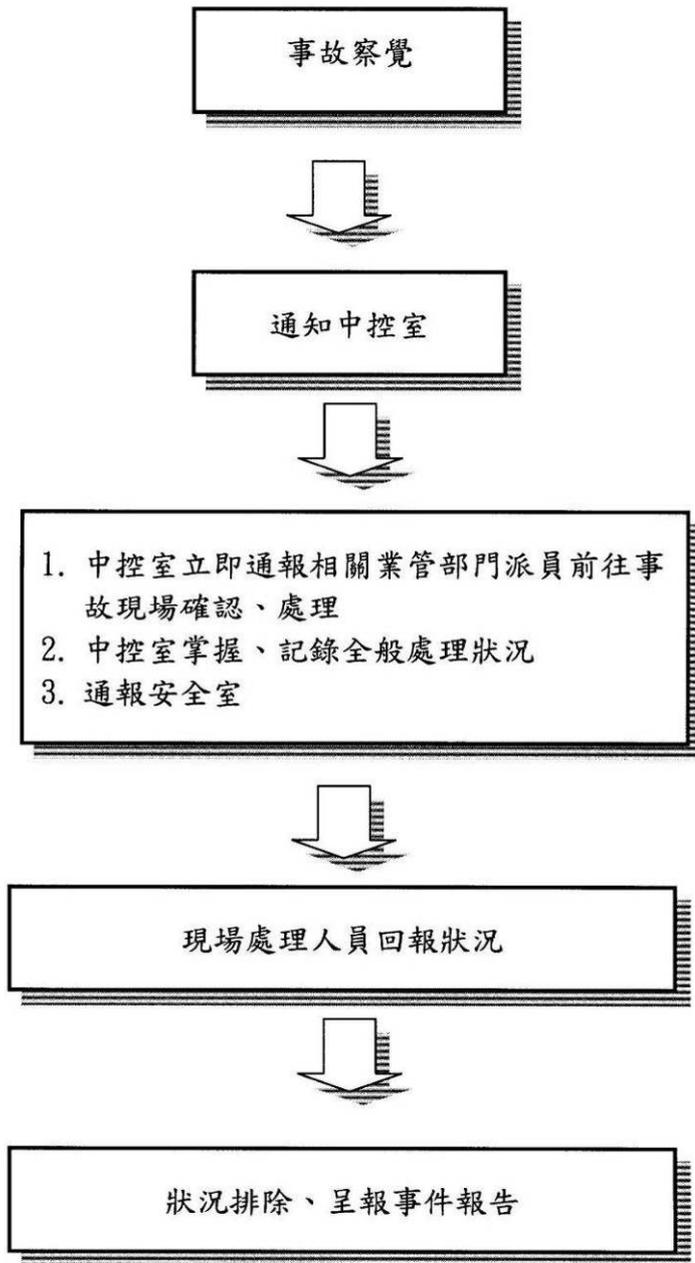


圖 3-10 台北 101 大樓有關一般狀況之防災應變作業程序

緊急狀況

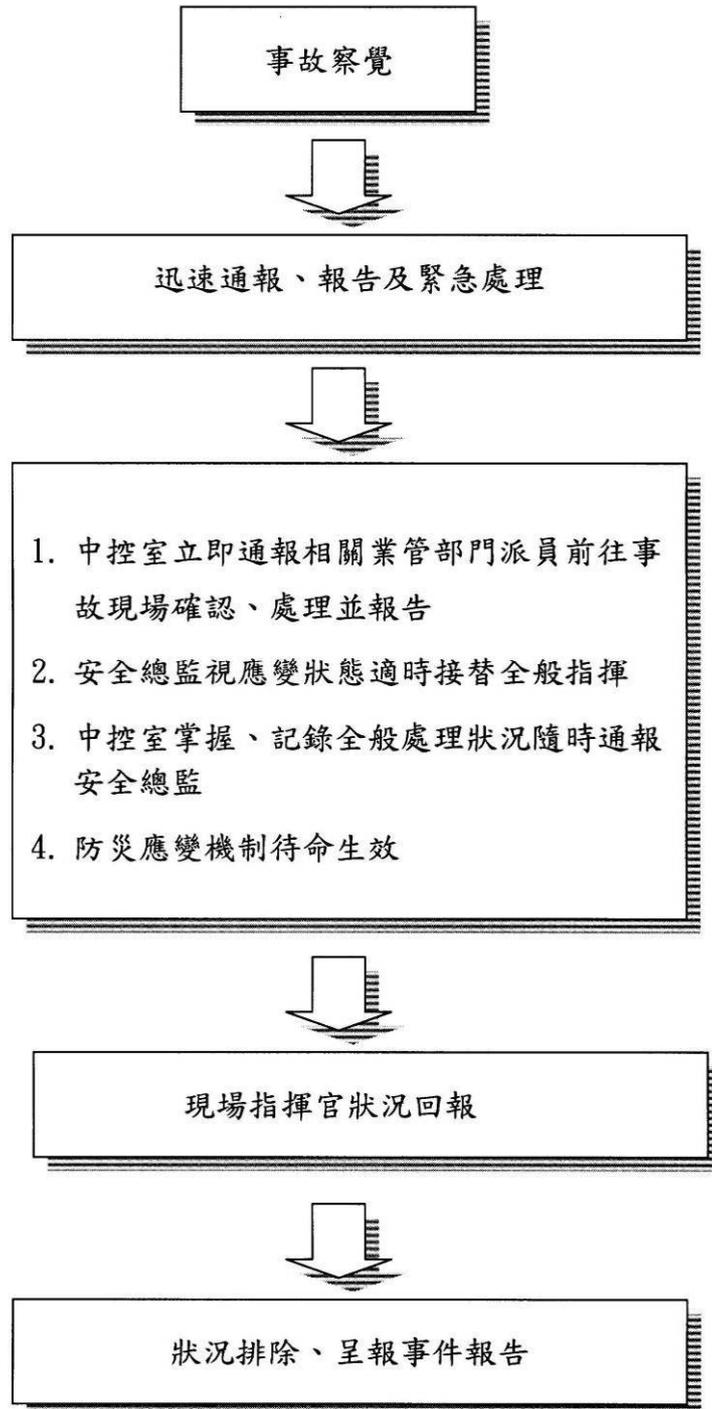


圖 3-11 台北 101 大樓有關緊急狀況之防災應變作業程序

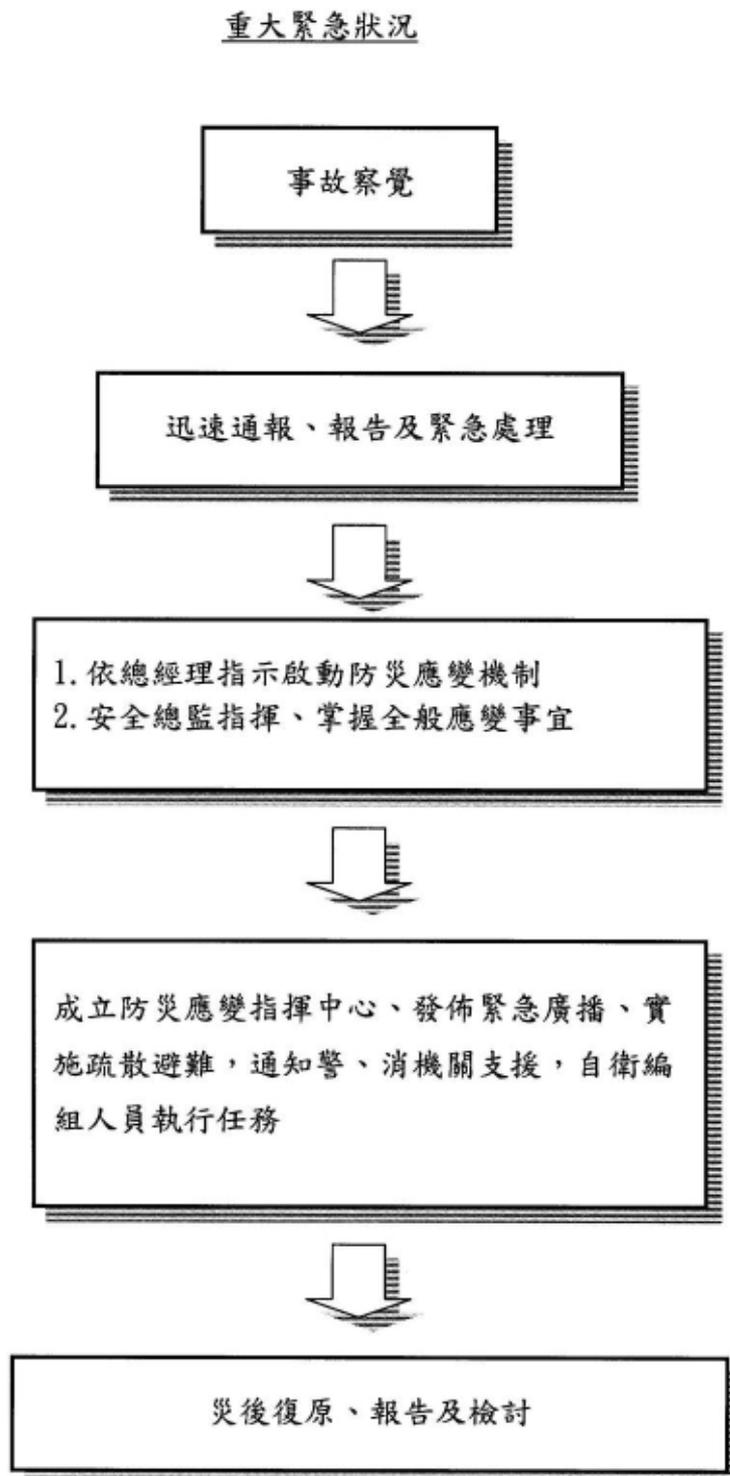


圖 3-12 台北 101 大樓有關重大緊急狀況之防災應變作業程序

二、各級指揮組織及職掌

(一)組織構成

有關防災應變指揮中心、指揮所、指揮站之組織構成，詳如表 3-8 及 3-9 所示。

表 3-8 台北 101 大樓防災應變指揮中心組織構成

位置	進駐人員	人數	備註
防災 應變 指揮 中心	總經理及聯絡員	2 員	指揮官：總經理 執行官：安全總監 共計 19 員
	購物中心事業處主管及聯絡員	2 員	
	辦公大樓事業處主管及聯絡員	2 員	
	行政事業處主管及聯絡員	2 員	
	安全室主管及聯絡員	3 員	
	公關室主管及聯絡員	2 員	
	工程營運部主管及聯絡員	2 員	
	中控室值班人員	4 員	

表 3-9 台北 101 大樓防災應變指揮指揮所、指揮站組織構成

位置	進駐人員	人數	備註
防災 應變 指揮 所	購物中心： B2F 保全辦公室	事業處指定人員 4 員	指揮官：協理 協調員：○○○
	辦公大樓： B1F 副控室	事業處指定人員 4 員	指揮官：協理 協調員：○○○
現場 指揮 站	購物中心：事件現場 相對安全區(暖區)	物管部經理及事業 處指定人員 x4 5 員	指揮官：經理
	辦公大樓：事件現場 相對安全區(暖區)	物管部經理及事業 處指定人員 x4 5 員	指揮官：經理

(二)職掌

1.防災應變指揮中心

(1)指揮官(總經理)：負責指揮、督導全般防災應變事宜。

(2)副指揮官：各事業處主管

- 襄助指揮官處理防災應變事宜。
- 負責各事業處全般防災應變事宜。

(3)執行官：安全總監

- 依指揮官授權執行全般防災應變事宜。

2.防災應變指揮所

(1)指揮官：購物中心、辦公大樓事業處主管。

(2)職掌：

- 負責指揮、督導事業處範圍全般防災應變事宜。
- 掌握事件現場狀況，並隨時將最新狀況報告指揮官及通報防災應變指揮中心。
- 與支援之警、消機關保持密切協調，接受其救災指揮並提供協助。
- 待命支援應變。

3.現場指揮站

(1)指揮官：購物中心、辦公大樓事業處物管部經理。

(2)職掌：

- 負責指揮事件現場之全般救災事宜。
- 掌握事件現場狀況，並隨時將最新狀況報告防災應變指揮所及防災應變指揮中心。
- 消防機關抵達現場後，擔任現場協調人並負責提供現場協助。

參、消防避難演練

如前述，101 大樓因為樓高為當時世界第一，為國際矚目焦點所在，故在防火安全上特別謹慎小心，也因此乃透過消防安全防護演練計畫之擬定，規定每半年應執行初期緊急應變及緊急應變演練緊急應變，以確保內部人員對計畫之熟悉度。同時經由不同假想狀況之反覆演練，讓不同編組員工能夠培養磨合默契，並從中思索可以再改進之處。表 3-10 所示為 101 大樓自 94 年起迄今辦理過之消防及避難演練。另外，其中 2 次之避難演練時間紀錄表，如表 3-11~12 所示。

表 3-10 台北 101 大樓歷年之消防及避難演練

項次	會議	演練	演練內容
94 上半年	3 月 11 日	3 月 30 日	89F 觀景台火警狀況處理推演+避難疏散+集合點作為
94 下半年	8 月 8 日	9 月 29 日	4F 餐廳火警狀況處理推演+避難疏散+集合點作為
95 上半年	2 月 17 日	3 月 24 日	86F 高層火警設備啟動狀況推演+避難疏散+集合點作為
95 下半年	7 月 25 日	9 月 22 日	B2F 機車停車區火警狀況推演+避難疏散+集合點作為
96 上半年	2 月 27 日	3 月 22 日	7F 電氣室火警狀況處理推演+避難疏散+集合點作為
96 下半年	8 月 14 日	10 月 3 日	B4F 發電機室火警狀況處理推演+避難疏散+集合點作為
97 上半年	3 月 25 日	4 月 17 日	4F 餐廳火警狀況處理推演+避難疏散+集合點作為
97 下半年	9 月 2 日	9 月 23 日	34F 電氣室火警狀況處理推演+消防搶救聯繫+救護機關聯繫+避難疏散+集合點作為

表 3-11 台北 101 大樓 96 下半年避難演練結果

臺北 101 金融大樓塔樓避難演練驗證表				
樓層	疏散內容	疏散時間	疏散人數	備考
41 樓 stair1 M 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	0 分 54 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	3 分 38 秒	15 人	
41 樓 stair2 N 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	0 分 25 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	5 分 12 秒	37 人	
67 樓 stair1 M 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	1 分 18 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	9 分 43 秒	54 人	

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

67 樓 stair2 N 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	0 分 38 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	2 分 57 秒	27 人	
1 樓 stair1 M 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	1 分 34 秒		
	全部人員疏散時間	27 分 19 秒	398 人	
1 樓 stair2 N 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	3 分 15 秒		
	全部人員疏散時間	35 分 秒	332 人	
1 樓 stair3 J 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	4 分 34 秒		
	全部人員疏散時間	23 分 42 秒	190 人	
1 樓 stair4 I 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	2 分 56 秒		
	全部人員疏散時間	30 分 12 秒	314 人	

表 3-12 台北 101 大樓 97 上半年避難演練結果

臺北 101 金融大樓塔樓避難演練驗證表				
樓層	疏散內容	疏散時間	疏散人數	備考
39 樓 stair1 M 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	1 分 7 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	3 分 9 秒	12 人	
39 樓 stair2 N 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	0 分 8 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	2 分 36 秒	43 人	
54 樓 stair1 M 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	1 分 24 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	2 分 52 秒	5 人	
54 樓 stair2 N 梯	聽到廣播聲到第 1 個人進入安全梯內	2 分 8 秒		
	樓層全部疏散時間及人數	3 分 2 秒	5 人	
1 樓 stair1 M 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	2 分 23 秒		
	全部人員疏散時間	22 分 10 秒	326 人	
1 樓 stair2 N 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	3 分 32 秒		
	全部人員疏散時間	27 分 22 秒	373 人	

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

1 樓 stair3 J 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	5 分 16 秒		
	全部人員疏散時間	8 分 51 秒	28 人	
1 樓 stair4 I 梯	聽到廣播聲到第 1 個人出安全梯	3 分 29 秒		
	全部人員疏散時間	11 分 1 秒	49 人	



第四章 台北 101 大樓避難情境模擬及分析

第一節 美國 WTC 大樓之逃生避難模擬

壹、避難計算公式模擬

如同前述，依據 2001 年 9 月 11 日美國 WTC 大樓之避難逃生過程（真實避難逃生案例），顯示該兩塔建築物受撞擊部位以下各樓層內所有人員（99%）幾乎都能安全逃出大樓。

由於事件發生時並無人實際對於避難者疏散時間與流量作一正式紀錄，故事後透過美國消防工程師學會消防工程手冊(NFPA Fire Protection Handbook)計算方式，由 Nelson 和 MacLennan 進行推估計算，其推估計算結果如下所示：

- 1、穿過門口的人流密度在觀察值範圍內(即 6-10 人/ft² 或 67~111 人/m²)，同樣的，每個門有效寬度上每英尺的流動速度預計在 18-24 人/分鐘範圍內（如圖 4-1）。因此，世貿中心大樓每個門口的人流速度應該近於 30-50 人/分鐘。

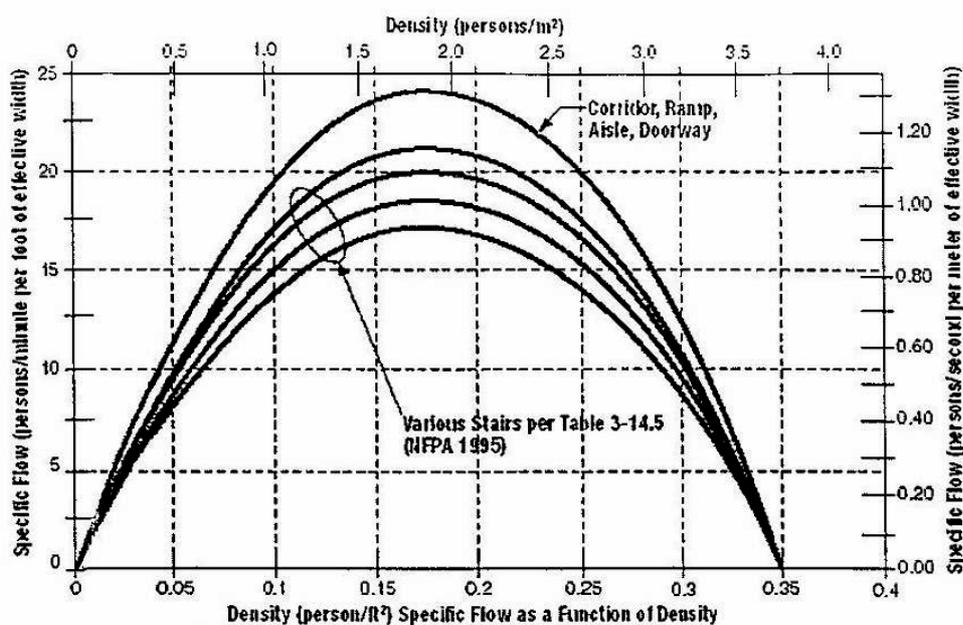


圖 4-1 人員密度函數的特定流動率

- 2、最早撤離者到達樓梯並佔用的最低樓層（7 樓）下到 1 樓與 2 樓出口時間估計用了 3 分鐘，隨後湧出的人流達到它的容量極限。估計撤離者的緊急感使出口人流保持或接近樓梯口人流理論上的最大值（即每英尺 24 人/分鐘）。
- 3、最末兩段樓梯寬 44 英吋（1.1m），中央樓梯寬 56 英吋（1.4m）。每段樓梯有一個單獨的保持疏散能力的 36 英吋（91cm）寬出口門，這樣每個樓梯門有效寬度為 2 英尺（61cm）。從樓梯門口預期的穩定人流速度為 48 人/分鐘。在已知 WTC 1 大樓撤離用了 90 分鐘，WTC 2 大樓用了 50 分鐘的基礎上，估計能夠通過樓梯撤離人數，WTC 1 大樓為 13,000 人，WTC 2 大樓為 7,200 人。這些估計不包含當時使用電梯 2 樓購物中心或大樓更低樓層中的人，也不包括 WTC 1 大樓受襲後立刻從 WTC 2 大樓中撤離的人（圖 4-2）。

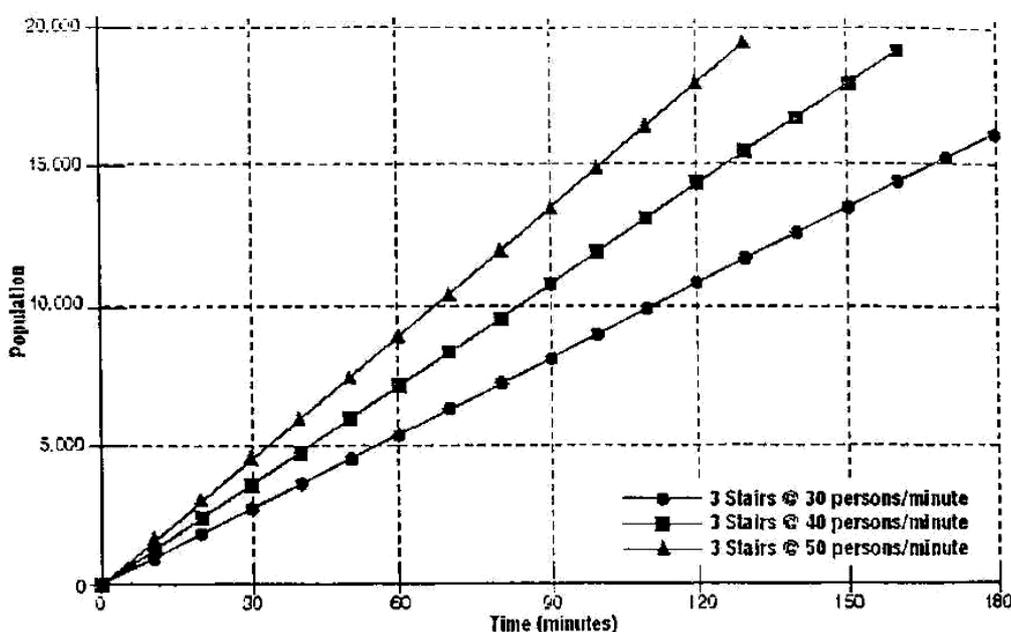


圖 4-2 高層建築的估計疏散時間

貳、電腦避難模式模擬

蒐集參考國外官方報告(美國 NIST NCSTAR 1-7 Appendix D: Egress Modeling 及英國 ODPM FRTR 6/2005 Collection and Analysis of Human Behaviour Data Appearing in the Mass Media - Evacuation of the World Trade Centre)，摘錄有關電腦模式應用於 WTC 避難模擬分析結果，資說明如下：

表 4-1 顯示了 NIST 進行的 6 個一般避難模擬，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 4-1 WTC大樓避難模擬條件矩陣表

情境	全棟建築 物或階段 式避難	模擬的疏 散人數(人)	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 物	19,800	零 0-10 分鐘	EXODUS EXIT89	■ 充滿人員，無訪 客 ■ 無損傷
3	全棟建築 物	25,000	零 0-10 分鐘	EXODUS EXIT89	■ 充滿人員，無訪 客 ■ 無損傷
4	全棟建築 物	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	■ 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

一、分階段避難

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buildingEXODUS。

表 4-2 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 4-2 WTC 大樓階段避難模擬結果

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
buildingEXODUS	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	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 4-3 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 $[(112\text{min} - 55\text{min}) / (19,800 - 8,800)] = \text{每千人 } 5.2 \text{ 分鐘}$ 或與全員容留且有參觀拜訪者之避難時間比較 $[(142\text{min} - 55\text{min}) / (25,600 - 8,800)] = \text{每千人 } 5.2 \text{ 分鐘}$ 。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。

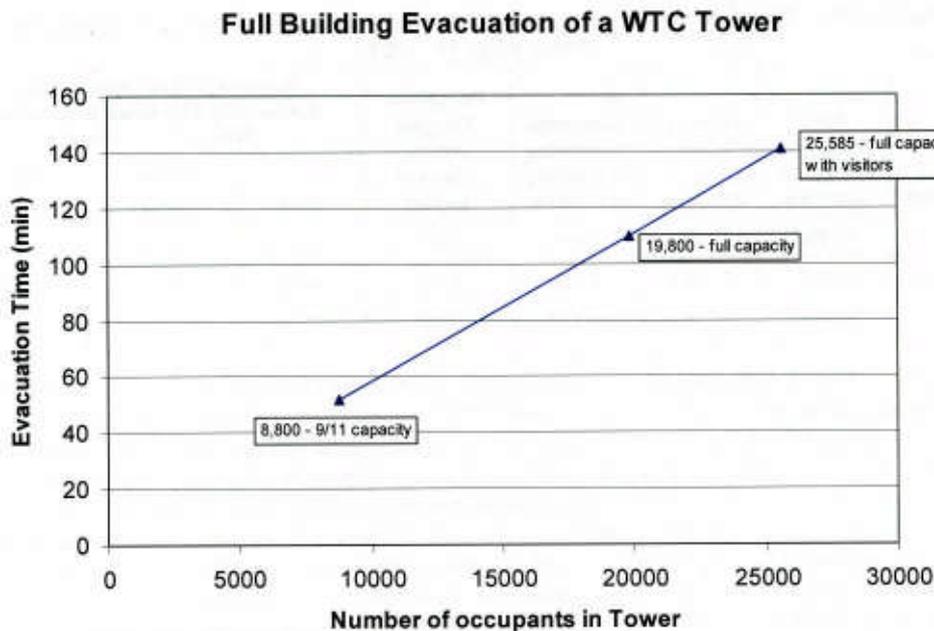


圖 4-3 WTC 大樓不同容留人數之全棟避難模擬結果

三、2001.9.11 全員容留 WTC 雙塔之推估避難時間

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 4-3 及圖 4-3 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 4-3 WTC 大樓不同容留人數所模擬之全部避難時間

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、2001.9.11 全員容留 WTC 雙塔之推估死亡人數

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 4-4 摘要了情境 5 和 6 的結果。

表 4-4 2001.9.11 WTC1 及 WTC2 全員容留模擬避難結果

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。

五、避難模擬結論

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。

第二節 台北 101 大樓有關避難模擬研究

壹、應用電梯避難模擬研究

依據溫渭洲(2005)的研究，當台北101大樓面對緊急事故，有必要進行全棟避難。該論文分析了大樓內人員採用各種不同之避難途徑或合併不同之避難途徑撤離建築物所需之避難時間；其分析條件及設定，概如表4-5所示：

表4-5 台北101大樓不同避難途徑撤離建築物之設定

目標	分析出塔樓使用樓梯及電梯進行全棟避難所需時間
分析範圍	台北101大樓塔樓(不含地下空間)
災害境況想定	非火災等有必要進行全棟避難事件
塔樓留容人數	12,000 人
避難途徑	1.室內特別安全梯 2.緊急升降機、高速電梯及一般客服電梯
分析工具	buildingEXODUS4.0 版避難軟體、ELVAC/NIST 電梯避難程式

一、全棟使用樓梯避難時間分析

當台北101金融大樓發生火災或非火災等緊急事件下，而各樓層人員使用大樓內編號為M及N之2座安全樓梯進行全棟避難時，以buildingEXODUS 4.0電腦軟體分析全棟樓梯避難所需時間，茲將有關buildingEXODUS 4.0電腦軟體設定與輸入條件說明如下：

(一)模擬範圍

塔樓第1層至第101層，不含裙樓及其地下空間。

(二)模擬總人數

依台北101大樓事業管理部2005年4月所預估之12,000人，各樓層中男女生之比例各為一半且年齡分佈以30歲~50歲為主。

(三)避難模擬境況設定與模擬結果

設定兩種不同之人員避難行為模式進行電腦之運算，說明如下：

1.模式一

使用軟體之內定值，也就是不指定人員之避難行為模式；12,000中之最後一個人逃離出1樓樓梯間所設定之出口時間為避為2小時52.5秒。

指定各樓層中人員避難出口，也就是指定12,000 人每個人之避難目標出口；則經電腦模擬結果，12,000 中之最後一個人逃離出1 樓樓梯間所設定之出口時間為1 小時34 分47 秒。

二、全棟使用電梯避難時間計算

台北101大樓內部之電梯分為緊急昇降機高速電梯及一般客服電梯；而一般客服電梯又可分為高、中及低層部電梯；在非火災等有必要進行全棟避難時，依各樓層電梯服務及人員避難動線及避難行為之考量下，進行全棟避難所需時間之計算。將6種全棟電梯避難與樓梯避難模式所需時間整理，如表4-6所示：

表 4-6 台北 101 大樓全棟電梯避難估計所需時間

項次	電梯避難途徑	避難至 1 樓戶外 所需時間(分鐘)	全棟電梯避難最 長所需時間
1	機械層使用 2 台緊急昇降機	21.33	
2	第 89、88、86、85 層使用 兩台高速電梯	50.83	★
3	第 9~20 樓使用 PE1~PE4 等 4 台電梯	36.5	
4	第 21~33 樓使用 PE5~PE8 等 4 台電梯	47.20	
5	第 35~57 樓使用 PE9~PE16 等 8 台電梯再使用 SL28~SL32 等 5 台轉乘電梯	47.6	
6	第 62~84 樓使用 PE19~PE26 等 8 台電梯再使用 SL33~SL37 等 5 台轉乘電梯	50.5	

從表4-6得知台北101大樓依所規劃之避難途徑下，有全棟電梯避難最長所需時間50.83分；若規劃不同之各樓層避難途徑，其全棟電梯避難最長所需時間應會有所不同。若將最長之電梯避難時間與全棟樓梯避難時間

分析比較，如表4-7所示：

表 4-7 台北 101 大樓電梯避難與全棟樓梯避難時間之比較

避難方式	避難所需最長時間(分)	電梯避難縮短時間(分)	電梯避難縮短比率(%)	備註
第 89、88、86、85 層 使用兩台高速電梯	50.83	--	--	--
樓梯避難 (軟體內定值)	120.88	70.05	57.95	平均值
樓梯避難 (指定人員避難出口)	94.78	43.95	46.37	57 分； 52.16 %

至於各樓層規劃何種避難途徑對於大樓整體會有真正最短之避難時間，由於排列組合方式過多，該研究並未全部加以分析。由表4-7得知，在非火災等緊急狀況下，使用電梯避難將可以大符縮短避難時間，此結果與國外相關文獻所提之論述相符合，在台北101大樓之分析案例中尤其明顯，平均可縮短57分鐘，高達52%左右。

貳、應用 SIMULEX 避難模擬研究

依據曾瓊萱(2008)的研究，使用 SIMULEX 避難軟體模擬台北 101 大樓各種可能的避難方式。關於 SIMULEX 之模擬設計條件如下：

(一) 模擬範圍

塔樓第 1 層至第 101 層，不含裙樓及其地下空間。

(二) 模擬要件設定與假設

1. 各樓層設定人數採實際使用人數(以 96 年 12 月調查情形為準)，人員呈平均配置於空間內；模擬時段為假設最壞情況，及模擬上班時段且人員滿額之情況。
2. 人員屬性依樓層實際用途設定。
3. 模擬所得避難時間為最後一人抵達最終出口所完成避難之時間，最終出口設於避難層或轉換層，表示該層消防防護設備功能正常，人

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

員一旦到達即表示已安全。。

4. 模擬要求順暢性，並無人員停在中間避難層(轉換層)。
5. 避難行動採步行樓梯方式，係使用貫穿全棟之特別安全梯(梯寬1.4m)，不包括利用電梯避難之方式。

(三)模擬模式及結果

該研究之各種可能的避難方式及模擬結果，概如表 4-8 所示。

表 4-8 台北 101 大樓各種避難模擬方式及結果

項目	模擬設定說明	模擬條件數量	模擬人數(人)	模擬避難時間(分)
操作模式設定之探討(1-1)	探討整棟大樓避難之不同代表方式(自高樓層至低樓層選定不同樓層至避難層)	6	1,200~3,198	45~54
(1-2)	探討整棟大樓避難之不同代表方式(自高樓層至低樓層選定不同樓層至轉換層或避難層)	3	950~4,413	12.8~61.8
(1-3)	探討實際境況(高樓層起火避難至轉換層，或低樓層起火避難至避難層)	3	252~1,741	12.6~33.8
(1-4)	配合境況探討模擬人數與出口數之方式(低樓層避難，一半人數、一半出口)	3	1,741	33.8~36.7
(1-5)	配合境況探討模擬人數與出口數之方式(低樓層避難，實際人數、實際出口)	3	3,483	34.5~37.1
高層建築物人員避難模擬方式(2-1)	階段避難(低樓層避難，未指定出口)	5	3,483	34.5~37.1
(2-2)	階段避難(低樓層避難，指定出口)	5	3,483	30.3~36.3

(2-3)	同時避難(低樓層避難, 未指定出口)	1	3,483	35.2
(2-4)	同時避難(低樓層避難, 指定出口)	1	3,483	30.6
(2-5)	指定出口條件下階段避難(2~4樓層為單位)	4	3,483	30.5~30.8
依文獻避難方式(3-1)	階段避難(低樓層段人員、指定路線)	2	3,483	27.2~30.3
(3-2)	消防隊佔用一座安全梯進行搶救	2	3,483	52.9~63.5
(3-3)	立即避難樓層(起火層加"上2下5")	2	3,735	33.2~36.5
立即避難樓層之探討(4-1)	低樓層段人員、指定路線(8種不同階段避難方式)	16	3,483~3,735	27.4~36.7
綜合性探討(5-1)	低樓層段人員、立即避難樓層(起火層加"上4或6或8及下1")	3	3,483	27.2~27.4
部分樓層避難探討(6-1)	人數固定, 低樓層段避難(最高24F、起火層為14F)	5	3,080	27.2~31.6

綜上可知，以台北 101 大樓為例，進行 SIMULEX 模擬時，以低樓層段(33 樓以下)的結果較佳，故該研究以低樓層段為模擬重點。另外依結果來看，避難模式以階段式、指定人員使用樓梯之避難方式較具有效率。階段避難以"二樓層"為單位進行避難時，其效率較佳。

第三節 台北 101 大樓避難情境探討

本節在探討當台北101大樓發生火災或非火災等緊急事件下，而各樓層人員使用大樓內編號為M及N之2座緊急特別安全梯進行全棟避難或階段避難時，以buildingEXODUS電腦軟體分析避難所需時間，作為評估台北101大樓避難策略及避難管理作為之參考。茲將有關軟體設定與輸入條件說明如下：

選擇11種不同之情境，如下所示，分別進行避難電腦模擬：

1.情境一

全棟人員避難（避難至1F避難層），模擬人數12,200人（預定最大容留人數），各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。不指定人員之避難行為模式。

2.情境二

全棟人員避難（避難至1F避難層），模擬人數12,200人，各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

3.情境三

全棟人員避難（避難至1F避難層），模擬人數9,000人（實際容留員工人數），各樓層（辦公室樓層）中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。不指定人員之避難行為模式。

4.情境四

全棟人員避難（避難至1F避難層），模擬人數9,000人，各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

5.情境五

全棟人員避難（避難至1F避難層），模擬人數10,300人（實際容留員工人數 + 業務訪客150人 + 參觀、用餐、會議訪客1,150人），各樓層中男

女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。不指定人員之避難行為模式。

6.情境六

全棟人員避難（避難至1F避難層），模擬人數10,300人（實際容留員工人數+業務訪客150人+參觀、用餐、會議訪客1,150人），各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

7.情境七

全棟避難（避難至1F避難層），模擬人數2,500人（88-89F高樓層觀景台、85F餐廳、84F宴會廳容留人數），各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

8.情境八

階段避難（避難至58-60F之轉換層或設備層），模擬人數2,500人（88-89F高樓層觀景台、85F餐廳、84F宴會廳容留人數），各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

9.情境九

階段避難（避難至1F避難層），模擬人數1,750人（辦公樓層61~68F），各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

10.情境十

階段避難（避難至34-36F轉換層或設備層），模擬人數1,750人（辦公樓層61~68F），各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

11.情境十一

階段避難（避難至58-60F之轉換層或設備層），模擬人數1,750人（辦公樓層61~68F），各樓層中男女生之比例45：55且年齡分佈以30歲~50歲為主。指定人員之避難行為模式（目標出口）。

第四節 台北 101 大樓避難模擬結果分析

壹、情境一、二

設定 2 種不同之人員避難行為模式進行電腦之運算，說明如下：

一、情境一：使用軟體之內定值(不指定人員之避難行為模式)

經電腦模擬結果，12,200 人中之最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 2 小時 5 分 17 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 2 小時 6 分 17 秒。

二、情境二：指定各樓層中人員避難出口(指定 12,200 人每個人之避難目標出口)

經電腦模擬結果，12,200 人中最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 1 小時 35 分 32 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 1 小時 36 分 32 秒。

由情境一與情境二中得知，當指定各樓層中人員避難出口位置，換句話說就是在大樓在擬定避難計畫時，事先規劃好各樓層人員避難動線時，一旦事故發生人員就會依事前所規劃之動線進行避難，將使每座室內特別安全梯會有相同之使用率，而會有最快速之避難時間；在情境一中，由於人員之避難路線依程式之內定局部潛勢值所支配，部份樓層會出現某一樓梯出現擁擠等待避難之人潮，而另一樓梯卻只有少數人使用之情況，在無形中增加避難之時間，此情況會與真實避難過程中，在沒有妥善之避難規劃時，避難人員無法得知另一樓梯使用之狀況，而發生局部擁擠之現象相符；兩者時間相差約 30 分鐘，後者避難時間可縮減達 31.5% 左右。

貳、情境三、四

設定 2 種不同之人員避難行為模式進行電腦之運算，說明如下：

一、情境三：使用軟體之內定值(不指定人員之避難行為模式)

經電腦模擬結果，9,000 人中之最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 1 小時 32 分 42 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 1 小時 33 分 42 秒。

二、情境四：指定各樓層中人員避難出口(指定 9,000 人每個人之避難目標出口)

經電腦模擬結果，9,000 人中最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 1 小時 10 分 47 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 1 小時 11 分 47 秒。

兩者時間相差約 22 分鐘，後者避難時間可縮減達 31.4% 左右。

參、情境五、六

一、情境五：使用軟體之內定值(不指定人員之避難行為模式)

經電腦模擬結果，10,300 人中之最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 1 小時 45 分 42 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 1 小時 45 分 42 秒。

二、情境六：指定各樓層中人員避難出口(指定 10,300 人每個人之避難目標出口)

經電腦模擬結果，10,300 人中最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 1 小時 22 分 37 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 1 小時 23 分 37 秒。

兩者時間相差約 23 分鐘，後者避難時間可縮減達 26.5% 左右。

肆、情境七、八

一、情境七：指定各樓層中人員避難出口(避難至 1F 避難層)

經電腦模擬結果，2,500 人從高樓層段(84~89F)向下避難，其中最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 43 分 05 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 44 分 05 秒。

二、情境八：指定各樓層中人員避難出口(避難至 58-60F 之轉換層或設備層)

經電腦模擬結果，2,500 人中最後一個人逃離至 60 樓樓梯間之出口時間

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證
為 20 分 21 秒。

兩者相差約 24 分鐘，後者避難時間可縮減達 117%左右。

伍、情境九~十一

一、情境九：指定各樓層中人員避難出口(避難至 1F 避難層)

經電腦模擬結果，辦公樓層 61~68F 之 1,750 人中最後一個人逃離出 1 樓樓梯間所設定之出口時間為 31 分 10 秒；若在加上由 1 樓樓梯間至戶外最近出口之避難時間 60 秒，則總避難時間為 32 分 10 秒。

二、情境十：指定各樓層中人員避難出口(避難至 34-36F 轉換層或設備層)

經電腦模擬結果，1,750 人中最後一個人逃離避難至 36F 樓梯間所設定之出口時間為 23 分 27 秒。

三、情境十一：指定各樓層中人員避難出口(避難至 58-60F 之轉換層或設備層)

經電腦模擬結果，1,750 人中之最後一個人逃離避難至 60F 樓梯間之出口時間為 12 分 18 秒。

第五章 結論與建議

針對以上所完成結果，謹提出結論與建議，如次所示。

壹、結論

- 一、依文獻檢討，有關高層建築物之特別安全梯寬度規定，美國 NFPA 與國際建築規範（IBC）則因 911 事件修正基準值，規定超高層建築物應增設安全梯並採用較寬敞樓梯，此對人員疏散避難時間能有不錯助益(縮短全動人員避難時間);該項修正(樓高超過 128 m 者增加安全梯一座且寬度增加 50%)值得我國進一步研究參採。
- 二、我國現行建築技術規則未明確規範各類場所之容留人數密度，而依建築技術規則總則編第三條之四第三項規定訂定「防火避難綜合檢討報告書申請認可要點」，在其中有關於避難計畫之避難人數一節，規定了各類組建築物之使用人數密度。其中對於辦公室使用人數所採用基準值(0.3 人/m²)比起美國所用者(約 0.11 人/m²)還高出 2 倍，故如在相同建築物、相同安全梯內進行避難，勢必對於避難時樓梯間之人員擁擠現象產生加成效應，且造成避難時間延長。
- 三、歐美國家重視之直通樓梯疏離度(平面配置距離)，在我國法規中類似於至兩座直通樓梯之步行路徑(距離)重複部份，就高層建築物而言，最大重複距離應為 20m。另依我國消防法規，高層建築物均有要求設置自動撒水設備，故此距離相較於美國規定還算稍微嚴格。
- 四、高樓(超高層建築)之人員避難安全，須依賴大樓的防火避難設施、避難管理作為及避難人員的行為等是否合宜而定。大樓的防火避難設施依照法規設計施工，可提供一個安全的避難路徑環境，而避難管理作為須靠消防防護計畫或營運防災計畫有關人員組織、處置措施加以實現，並期望避難人員的行為能夠依循預定計畫正常順利。
- 五、本案所使用電腦避難模擬（buildingEXODUS）前提條件係在安全

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

的避難路徑環境中進行，避難人員的行為係依照指定方式（亦即避難管理作為運作順利），故模擬避難時間較實際災例情況所需時間還短少，雖非真實災情之避難時間，然在應用上可提供不同情境狀況之比較，亦可供加強消防防護計畫之參考依據。

- 六、依台北 101 大樓全棟避難模擬結果(情境一至情境六)，在沒有妥善之避難規劃時，避難人員無法得知另一樓梯使用之狀況，而發生樓梯內或出口處局部擁擠之現象；倘指定避難目標出口的情形下，兩者時間相差約 22~30 分鐘(後者避難時間可縮減約達 26~31%)。此可供高層建築物規劃人員避難逃生計畫時參考，例如一旦發生須全棟避難事故時，防災中心可透過廣播指揮不同樓層人員經由指定樓梯向下疏散避難。
- 七、依台北 101 大樓高樓層段(84~89F)避難模擬結果(情境七、八)，避難至中樓層段之轉換層或設備層(含安全避難室)，在時間上可節省約 117%。由此可知，如超高層大樓設置中間避難層，在大樓遭遇火災時，能夠迅速提供一個安全無虞的避難空間，可縮減人員避難恐慌心理的時間，亦可節省人員體力上的負荷。
- 八、依台北 101 大樓中樓層段(61~68F)避難模擬結果(情境九~十一)，避難至起火層之直下 3 層(階段避難方式)在避難時間上最短，其次為避難至轉換層或設備層。由此可知，如大樓發生之火災災情不嚴重的話(如僅僅是小火警)，在相當短時間內即可疏散附近樓層(4~8 個樓層)人群，且不會干擾影響到其他樓層，採用此法應是大樓營運管理中不錯之緊急應變措施。

貳、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

依目前高樓疏散避難機制來看，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，有效縮減避難時間，在短時間內提供一處人員可到達之安全空間，改善樓梯內避難人群擁擠情形，且減緩人員避難時恐慌心理、節省人員體力等。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。對於新建超高層建築物，如要求增設「中間避難層」，將可大幅提高其緊急應變能力。

建議二

近期建議：消防防護計畫中有關人員避難演練應用電腦模擬預做評估。

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：內政部建築研究所

綜合本研究及國內其他文獻探討，消防防護計畫中有關人員避難演練，確實對於火災等事故之人員緊急應變及避難計畫具有重要影響。從電腦模擬可以協助調整修正避難計畫，如避難路徑之引導(藉由緊急廣播)及安全梯指定、疏散樓層數、階段避難或全棟避難之最佳時機...等。未來消防機關對於高層或超高層建築之消防避難演練，可以考慮應用電腦模擬預做評估，可提供科學性建議，而減少嘗試錯誤方式的演練。

建議三

中期建議：應用火災模擬加避難模擬之同步複合模式進行模擬。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

考慮真實火災避難中可能會有不利安全的避難路徑環境的情形，為能更加準確模擬火場情境對人員避難之影響，可以使用火災模擬加上避難模擬之同步複合模式進行模擬，如 FDS + Evac 軟體（NIST 與 VTT 合作開發），建議未來後續研究可以進行比較分析。

附錄 各審查會議紀錄與處理情形

(一)本所研究業務協調會議

建議意見	處理情形
1.請比較 EXODUS 與其他避難模擬軟體，並說明選用原因，另模擬結果要如何驗證，請一併考量。	本研究謹就 buildingEXODUS 與 Simulex 兩軟體提出比較說明。驗證方式概如第 4 點說明所示。
2. 避難模擬軟體所需輸入資料是否妥適，與事前調查項目內容有關，建議與案例建築物之使用單位討論並請其支援提供。	業接觸台北 101 大樓有關安全管理部門，洽請其提供有關所需資料。
3. 避難演練亦屬模擬的形式之一，如以電腦模擬驗證，應如何確定結果之合理性，請加以考量。	擬參考實際案例，如 911 事件之實際避難時間與電腦模擬結果相比較，於電腦模擬後以適當之修正細數加以評估驗證。
4. 關於階段避難之定義，希在報告中加以說明。	請參見報告書。
5. 請說明 Hazard 子模式將使用何種軟體之危害資料輸入，另在案例模擬時所用之火災情境、設計火源等條件，亦請補充說明。	本研究重點在於樓梯間之人群避難疏散，對於進入樓梯間之前之避難時間，擬參考相關研究或實例設定，故對於火災情境、設計火源等條件，暫不考慮。不過，將規劃 1~2 情境，加以模擬後再加入避難模擬。

(二)本所研究期中審查會議

意見來源	審查建議意見	處理情形
王總幹事榮吉	1.從研究報告中知美國超高層建築物採用較寬敞樓梯，國內則較窄小，建請加緊研究腳步俾未來建築及消防法規儘速提出修正。	謝謝指教，待研究後再研議提出。
	2.本研究對國內超高層建築物人員避難做電腦模擬與驗證，未來研究成果發表會，建議邀請 101 金融大樓等派員參加。	未來如有發表機會，當會邀請相關政府機關及大樓管理單位代表與會。
江教授崇誠	1 依過去建研所研究案，曾應用 buildingEXODUS 模擬與富邦辦公大樓避難演練相比較，結果為電腦模擬較為寬鬆；因此，模擬計算與實際人員避難演練一定有所差距，要如何解釋及應用才是重點。	謝謝指教，電腦模擬原本是將各種可能狀況放進電腦程式去模擬，如果受限於某些狀況無法模擬，則結果自然有所差距，本案將特別謹慎解釋。
邱教授文豐	1.模擬用避難參數設定值係以 101 金融大樓內部人員為對象，是否已進行各層實際容留人數調查，其中相關軟體所需之參數(如性別、年齡、職員工、比例等)，或僅以法規所訂之密度去設定。	本案採用數據係以台北 101 大樓管理單位所提供資料為依據。
	2 期中報告中有提及塔樓之電梯，未來是否有進行電梯避難之模擬？(buildingEXODUS 並未有此功能)。另是否有對 101 金融大樓調查其電梯是否利用在避難上？	本研究未進行電梯避難之模擬，依據國內研究文獻，如採電梯避難，可顯著減少避難時間。

	<p>3. 報告對於國內外重大高層建築火災案例分析，十分充實，本案是否有擷取結果運用在電腦模擬上，例如避難逃生可能情境設定如何？避難成功與否之基準定義如何？中間避難層模擬有無嘗試，是否有正面結果？</p>	<p>謝謝指教，本案是有參考 WTC 及國內其他有關 101 大樓之研究。避難是否成功的基準，就電腦模擬而言，缺乏判定基準，僅可提供相對性比較。中間避難層模擬，本研究有嘗試(詳見第四章)，依結果是有正面肯定功能。</p>
<p>邱教授晨璋</p>	<p>1. 期中報告資料蒐集相當完整。 2. 消防署訂有避難模擬要點，可參考其避難時間規定值。 3. 期望本研究可對 Route B 設計、電腦模擬、避難演練等三者關係予以探討。 4. 研究中有關應變通報過程對避難之影響較少著墨，建議可再加強。</p>	<p>謝謝肯定及指教。 謝謝指教。 謝謝指教，本研究範圍僅針對後兩項有所探討，並不包含前項 Route B 設計部分。 謝謝指教，本文在加強說明。</p>
<p>賴教授啟銘</p>	<p>1. 期中報告內容與預期進度吻合。 2. 建議可說明欲模擬之情境。 3. 建議可多樣探討危害(Hazard)及毒性(Toxicity)不同情況下對於避難之影響。 4. 建議可模擬全棟整體向地面層移動之避難行為，特別是移動速度之變化(速度隨著避難時間愈久而變慢)。</p>	<p>謝謝指教。 業於第四章予已說明。 謝謝指教，不同情況下之危害及毒性影響並非本研究範圍。 本研究之模擬情境包括模擬全棟整體向地面層移動之避難行為，惟移動速度之變化在軟體為內設人員移</p>

		動速度，恐無法模擬。
	5.不特定人員出入場所樓層及辦公樓層之參數設定應予不同考量並分別予以模擬。	模擬條件中業予已考量。
蕭教授邦安	1.本研究計畫以 buildingEXODUS 進行高層建築物人員避難之電腦模擬，具有提供避難評估計算參考性質。	謝謝指教。
	2.期中報告尚未針對實際避難演練進行初步模擬，建議進行 buildingEXODUS 能先以較小規模之高層建築物或者已實際發生之案例進行初步模擬，以評估數值模擬之信度並利於進行參數修訂。	本研究模擬情境係考量台北 101 大樓實際情形而擬定，並有參考其他文獻進行模擬比較。
	3.如何利用 buildingEXODUS 進行建築防火避難性能綜合檢討設計 (Route B) 所有避難設計有關數據，日本是否有類似或相關研究，建議可以先蒐集是否有相關模擬結果或建議，以達成時效。	謝謝指教，本研究範圍並不包含 Route B 設計有關數據之探討。
中華民國建築師公會全國聯合會(鍾文秀建築師)	1.性能法規及設計可能對建築物之樓梯總寬度產生影響，但不宜減少過多，建議能訂定最低值規定。	謝謝指教，惟樓梯總寬度法規探討不在本研究範圍。
台北市建築師公會(鄭建築師澤雄)	1.模擬參數設定建議參考建築技術規則所訂定之出入口寬度。	謝謝指教，本研究係採用台北 101 大樓出入口寬度，其大於法定值。
中華民國消防	1.期中報告中提及消防法規要求十一	謝謝指教。

高層建築物人員避難之電腦模擬與驗證

<p>設備師公會全國聯合會(高理事長士峰)</p>	<p>層以上建築物應有消防防護計畫，建議修正為一定規模以上供公眾使用建築物，另地面樓層達十一層以上建築物、地下建築物或中央主管機關指定之建築物，其管理權有分屬時，應協議製定共同消防防護計畫。研究時所收集法規，宜以最新動態之版本為宜。</p>	
<p>陳組長建忠</p>	<p>1.演練與災害實境差距很大，研究也很困難，建議請加強整理文獻及國外研究調查作法。</p>	<p>謝謝指教，業加強辦理。</p>



(三)本所研究期末審查會議

意見來源	審查建議意見	處理情形
王總幹事榮吉	1.建請對高層建築物人員避難之研究議題,能夠與國內 50 層以上超高層建築物之管理委員會面對面實質訪談,以瞭解高層建築物防火避難設計是否合理。	謝謝指教,本研究成果報告將可提供後續研究進行訪談時參考應用。
張明長委員	1.在實務上無預警避難演練所得參數可能與理論上電腦模擬所得參數有所不同,建議能否可取得實務上無預警避難演練之參數。	謝謝指教,有無預警關係到避難行動前預備動作時間,無預警通常較長,雖然較為真實,然國內尚無相關避難演練。
賴教授啟銘	1.期末報告內容符合預期成果。	謝謝指教。
	2.第 55 頁(一)段落最後一行文句可再詳細描述(如結論與建議一)。	謝謝指教。
	3.模擬結果上除了規劃避難動線外,合宜之路徑指示是否可有裨益。	謝謝指教,本研究僅針對樓梯(垂直)避難進行模擬,對於水平避難動線路徑並無探討。
	4.未來可以本研究模擬為基礎,進行不同情境及行為之深入研究。特別是不特定人員場所產生之塞車等待現象及對應策略;起火樓層及其他樓層之人員避難特性;樓梯配置方式對於特定、不特定人員逃生之影響。	本研究探討模擬情境包括全部容留人員在指定避難或不指定情況之比較、高樓層段採全棟避難或中間層避難之比較、中樓層段採階段避難方式等。對於樓梯配置方式並非本

		研究範圍。
台北市建築師公會(鄭建築師澤雄)	1.本案採用之避難模擬研究是否能夠驗證建築技術規則規定,如出入口寬度、樓梯寬度。	謝謝指教,本研究係採用台北 101 大樓出入口、樓梯寬度,其皆大於法定值,另模擬目的並非要驗證法定出入口、樓梯寬度是否合宜。
陳組長建忠	1.本案限於藉助他人操作軟體,以致無法搭配原擬構想及時效性,請考量以本所經費購置或租用軟體俾自行操作。	謝謝指教,原先係鑑於軟體費用不便宜,且恐日後實際操作時間少,恐會造成資源浪費。
	2.結論與建議請依實際研究分析及認可之文獻敘述,如結論一,是否經研究軟體計算過,依其設備與面積效用比似乎不高,如因而依建議是否能提昇安全與成本之效益比。	謝謝指教,原結論一業予刪除。
	3.請補充本案收集資料面臨的困難,預期與實際能取得資訊之差距。	謝謝指教。

參考書目

中文部分

1. 溫渭洲，2005，電梯避難之研究-以台北 101 金融大樓為例，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，桃園。
2. 陳俊青，2004，運用 buildingEXODUS 與 Simulex 進行避難所需時間驗算比較—以南港地下車站為例，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，桃園。
3. 陳重傑，2004，高層辦公建築火災避難安全評估之研究，中華大學建築與都市計畫系碩士論文，新竹。
4. 陳建忠、張寬勇、雷明遠、陳國星，2003，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。
5. 陳建忠、江崇誠、沈子勝、王鵬智，2003，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。
6. 雷明遠，2003，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，「消防與防災科技雜誌」，No.20，p.58-62，台北。
7. 雷明遠，2007，美國世貿中心事件人員避難行為影響因子探討與應用，內政部建築研究所自行研究報告，台北。

英文部分

1. 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, USA.

2. 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, USA.
3. Galea, E.R. and S. Blake. 2004. *Collection and Analysis of Human Behaviour Data Appearing in the Mass Media - Evacuation of the World Trade Centre*. Fire Research Technical Report 6/2005, ODPM, UK.
4. James Milke, Venkatesh Kodur, Christopher Marrion, 2002, *Overview of Fire Protection in Building*, in World Trade Center Building Performance Study: Data Collection, Preliminary Observations, and Recommendations, p.A-1~A-26. FEMA 403, Federal Emergency Management Agent, USA.
5. http://www.nist.gov/public_affairs/releases/wtc_100108.html: *Safer Buildings Are Goal of New Code Changes Based on Recommendations from NIST World Trade Center Investigation*, October 1, 2008.