

# 建築物火災時火源大小對逃生時間及安全逃離人數之影響分析

## The analysis of the scale of fire source on escaping time and maximum occupants in buildings with fire disaster

陳博亮(CHEN,BOR-LIANG)、李盛明(LEE,SHENG-MING)、陳正穎(CHEN,CHENG-YING)、翁綺君(WONG,CI-JYUN)、林師仔(LIN,SHIH-YU)、黃凱琪(HUANG,KAI-CHI)

<sup>1</sup> 聯合大學土木與防災工程學系

國科會計畫編號：104-2815-C-239-033-E

### 摘要

火災事件發生時常因空間容納人數超出安全使用人數範圍，使得逃生時造成人員推擠傷亡。另在濃煙中常見危害因子的二氧化碳，會隨火源大小而影響生命安全及逃生安全。本研究以國立聯合大學八甲校區-土木系館作為研究案例，利用建築資訊系統(BIM)的概念，使用Autodesk' Revit 建構聯大土木系館之建築模型，以便模擬火災發生歷程。假設起火點在四樓土壤力學實驗室內之烘箱，起火原因為電線走火，模擬並觀察實驗室內人員逃生情形。電腦分析軟體 Pyrosim 中可模擬土木系館於火災發生時之能見度、二氧化碳濃度和人員疏散動態情形，本研究成果以曲線圖顯示，可用以決定建築物安全逃離時間、安全逃離人數。

### Abstract

Occupants are easy to get hurt in case of fire disaster in building, especially in case of over occupants. The critical hazard factor is the carbon dioxide in smoke for occupants escaping from the building in fire. This study uses the building of department of civil engineering as a case study with application of building information model and Autodesk' s Revit. These computer software are used to set up a model for analysis the fire disaster in buildings. The fire is assumed to occur in fourth floor, which is laboratory of soil mechanics. We can show the occupants escaping simulation in time domain with smoke in progress. The results may be used to determine the escaping time and maximum occupants in existing buildings.

關鍵詞: 火災、氣爆、火源、Pyrosim

## 1. 前言

### 1.1 研究動機

火災事件與我們生活息息相關，而根據國內外發生的火災中，約有 60%~80% 的人由濃煙的危害造成傷亡事件，甚至因為空間容納人數超出安全範圍，造成推擠傷亡。又因發生火災當下，可能不會立刻被察覺，因此就會有火源大小不一的情形出現。或是火源周圍有大量易燃物，而產生火源大量釋放熱量的情況出現。

另外在濃煙中常見危害因子的二氧化碳，會隨火源大小而影響生命安全及逃生。本研究考量到火災發生的時間長短而有不同情形進行研究，試圖訂定出建築內安全逃離人數以及可能的逃生時間。

### 1.2 研究目的

本研究對不同時間發現的火災進行火源參數設定，並針對安全逃離人數及逃離時間，試圖建立明確的建築安全使用規定，本研究目的如下：

- (一)火源大小不同與最大安全逃離人數之探討：
- (二)火源大小不同與安全逃離時間之探討
- (三)決定單一教室安全使用人數與逃生時間

### 1.3 研究流程

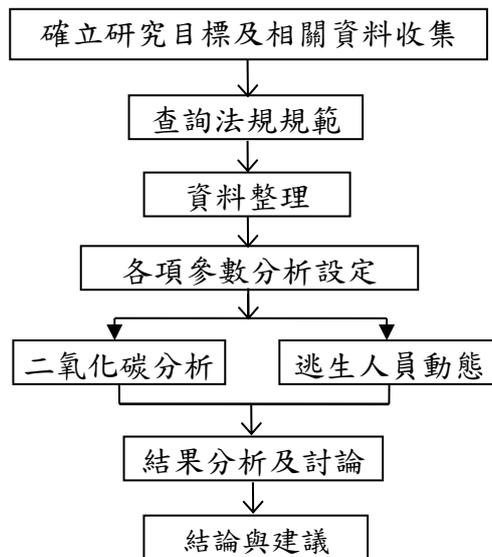


Fig.1 研究流程圖

## 2. 文獻探討

### 2.1 建築資訊系統 BIM

本研究以 BIM 的概念建立建築物資訊模型，將建築物資訊數位化，透過電腦模擬 3D 顯示。並使用 Pyrosim 火災仿真動態模擬軟體為分析的主要軟體，此軟體結合 FDS 流體力學分析系統及 HVAC 人員疏散系統，對分析人員疏散動態情形相當擬真。

本研究參數項目如下：

1. 火源的大小參數
2. 空間人員參數
3. 空間設置參數

### 2.2 火場逃生危害

#### 2.2.1 二氧化碳

二氧化碳中毒是人吸入高濃度的二氧化碳所出現的昏迷及腦缺氧情況，一般大氣中二氧化碳含量超過 1%時，人即有輕度中毒反應；當超過 3%時，開始出現呼吸困難；超過 6%時，就會重度中毒甚至死亡(表 1)。[1]

表 1 二氧化碳濃度與人體可能出現不適症狀[1]

| 二氧化碳濃度 | 人體出現不適症狀       |
|--------|----------------|
| 1~2%   | 數小時內安全         |
| 3~4%   | 1 小時內安全        |
| 5~7%   | 30 分鐘~1 小時即有危險 |
| 20%以上  | 短時間內導致死亡       |

### 2.2.2 人員逃生擁塞

人員會隨著災害發生，心理因素及外在通道大小的變化，容易造成壅塞情形的發生，其中：

- 1、雖然人是自我驅動粒子，但在彼此靠得很近時，會失去自我驅動性，在靠得很近的極限下會發生所謂的”人群雪崩”的悲劇。
- 2、陷入恐慌時，容易因智能減低而追隨他人行動。如果避難時大家突然湧至出口，可能會發生拱作用，塞住出口，這時適度的讓步非常重要，此外避難時最重要的還是要領導大家有規律的逃生。
- 3、人有自己想維持的空間，一旦他人侵入這個範圍，就會感到斥力。[2]

## 3. 研究方法

### 3.1 建立樣本模型

本研究以國立聯合大學八甲校區-土木系館作為研究樣本，使用 Autodesk' Revit 建立模型，再匯入 Pyrosim 火災仿真動態模擬軟體進行分析，以模擬火災發生歷程。

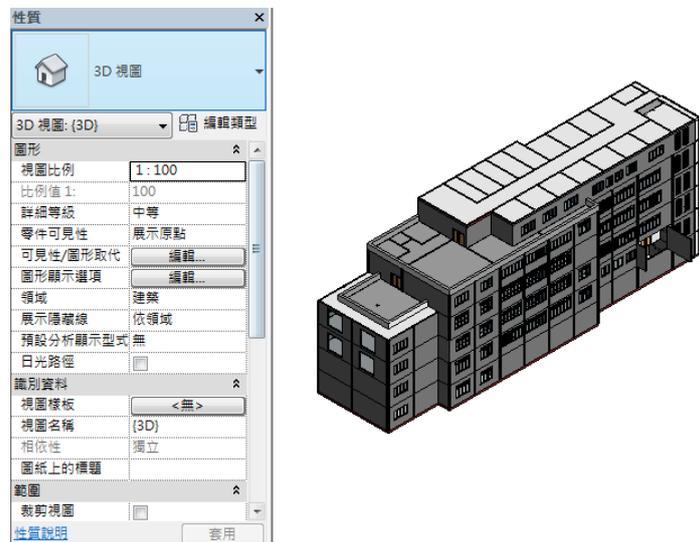


Fig.2 國立聯合大學八甲校區-土木系館 建築資訊模型

### 3.2 各項參數設定

本研究使用 Pyrosim 火災仿真動態模擬軟體，針對火源大小、室內人數特意使用差異較大的設定，試圖使其結果較為明顯，導致燃燒設定時間因人員反應快慢而有不同，但對於結果並沒有任何影響，各項設定參數如下表。

表 2 軟體各項參數設定

| 假設   | (一)       | (二)       | (三)       |
|------|-----------|-----------|-----------|
| 建築模型 | 土木系館      |           |           |
| 門狀況  | 常開        |           |           |
| 窗狀況  | 常關        |           |           |
| 人員設定 | 成年人       |           |           |
| 室內人數 | 50 人      | 100 人     | 150 人     |
| 燃燒時間 | 300 秒     | 450 秒     | 600 秒     |
| 火源大小 | 1   4   8 | 1   4   8 | 1   4   8 |
| 觀測點  | 四樓土壤力學實驗室 |           |           |
| 建築材質 | 防火一級建材    |           |           |

#### 4. 研究結果與討論

##### 4.1 研究結果之討論定義

本研究藉由曲線圖討論火場人員逃生情形，故針對各種不同變因進行定義，以討論出研究結果，下列：

- 1、產生擁擠時間點：在 EVAC 人員逃生與時間關係圖中，斜率從陡降瞬間切換成平緩之轉折點以後稱為產生擁擠時間點。
- 2、安全逃離人數：在二氧化碳濃度低於 7% 所對應之時間，此時已經安全逃離火災現場之人數。
- 3、安全逃離時間：在二氧化碳濃度低於 7% 以前之時間。

##### 4.2 EVAC 人員逃生與時間關係

###### 4.2.1 假設(一)

人數:50 人、觀察時間:300 秒、反應時間:15 秒

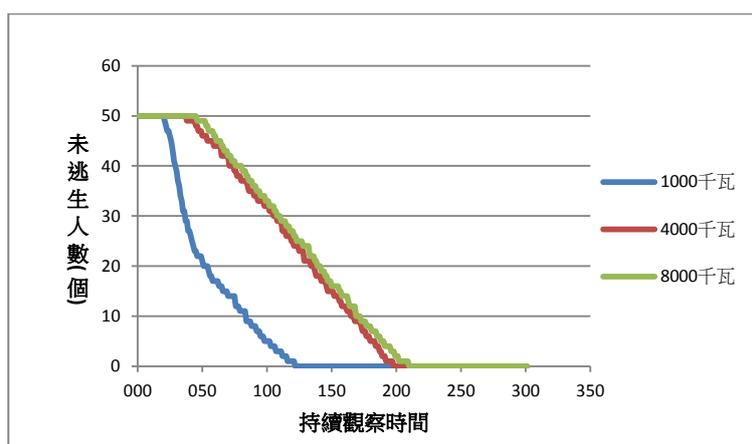


Fig.3 假設(一)之 EVAC 人員逃生與時間關係圖

1000 千瓦擁擠時間約從 50 秒之後，而 4000 千瓦擁擠時間由於火源過大，產生煙的速度過快，造成能見度大幅降低，以及一開始二氧化碳遽增，使得人員 50 秒開始逃生時之前只有少數人逃離，而 8000 千瓦亦然。

#### 4.2.2 假設(二)

人數:100 人、觀察時間:450 秒、反應時間:15 秒

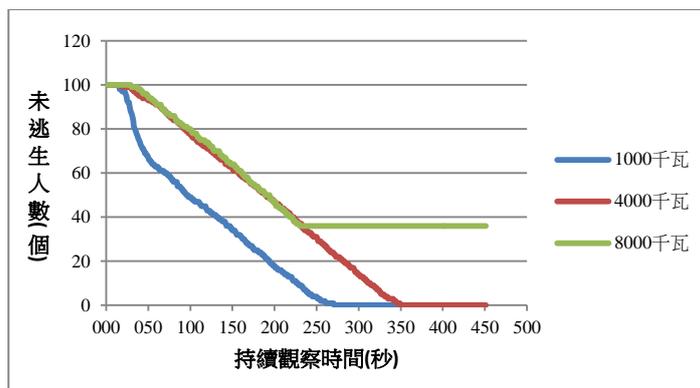


Fig.4 假設(二)之 EVAC 人員逃生與時間關係圖

在 1000 千瓦的數據中明顯顯示出，由於人數增加之因素導致斜率提早轉折，而 4000 千瓦與 8000 千瓦也因人數的增加而大幅延長逃生時間，而在 8000 千瓦更有傷亡產生。

#### 4.2.3 假設(三)

人數:150 人、觀察時間:600 秒、反應時間:15 秒

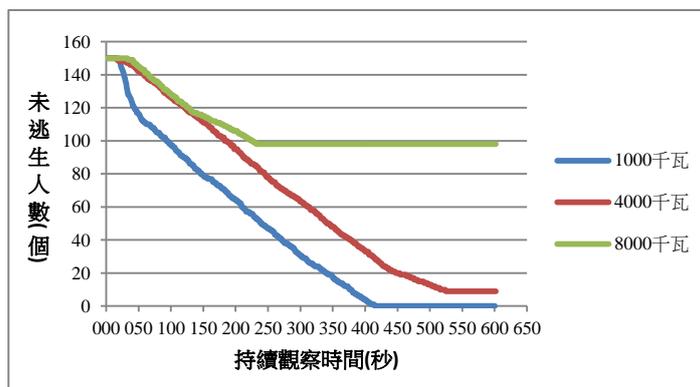


Fig.5 假設(三)之 EVAC 人員逃生與時間關係圖

在 1000 千瓦中也與 100 人之 1000 千瓦情形相同，斜率提早轉折導致擁擠時間增加，而 4000 千瓦與 8000 千瓦死傷則更為慘重

### 4.3 CO2 濃度與時間關係

#### 4.3.1 假設(一)

人數:50 人、觀察時間:300 秒、反應時間:15 秒

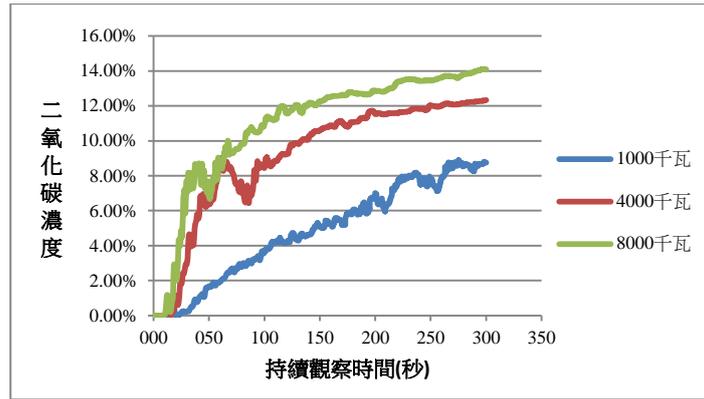


Fig.6 假設(一)之 CO2 濃度與時間關係圖

從圖表中可看出由於火源過大，而在 4000 與 8000 千瓦在極短時間內超過危險指標 7%以上，導致 30 秒到 55 秒之後逃生之人員有生命危險。

#### 4.3.2 假設(二)

人數:100 人、觀察時間:450 秒、反應時間:15 秒

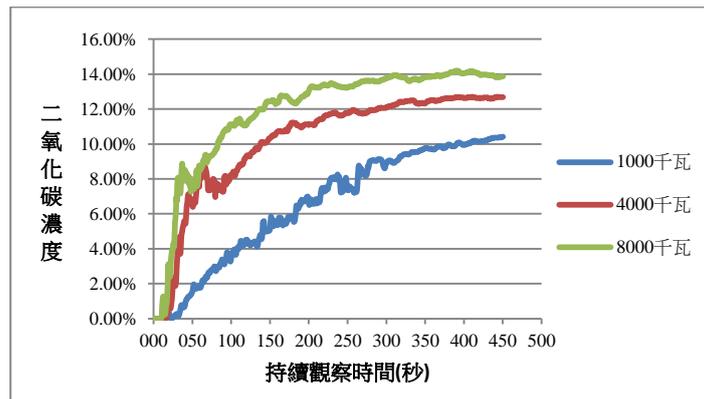


Fig.7 假設(一)之 CO2 濃度與時間關係圖

從圖表中也可看出如圖 6 一樣的結果，但是比較後更可看出隨著人數的增加，二氧化碳的濃度更加濃烈。

#### 4.3.3 假設(三)

人數:150 人、觀察時間:600 秒、反應時間:15 秒

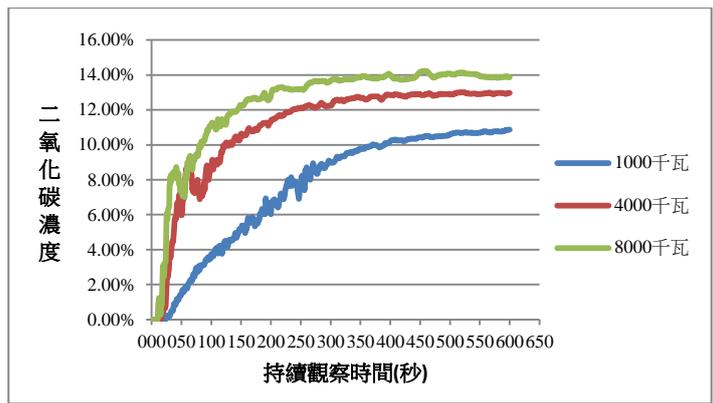


Fig.8 假設(一)之 CO2 濃度與時間關係圖

此圖與前兩張圖結果雷同，但是此圖更可看出隨著火源的提升，與二氧化碳提升成平方比，也就是隨著火源的增加，逃生機率也更加渺茫。

#### 4.4 火源與死亡人數關係

針對同樣大小火源之情況進行圖表分析，下圖為火源固定為 8000 千瓦時，空間容納人數對死亡人數之關係：

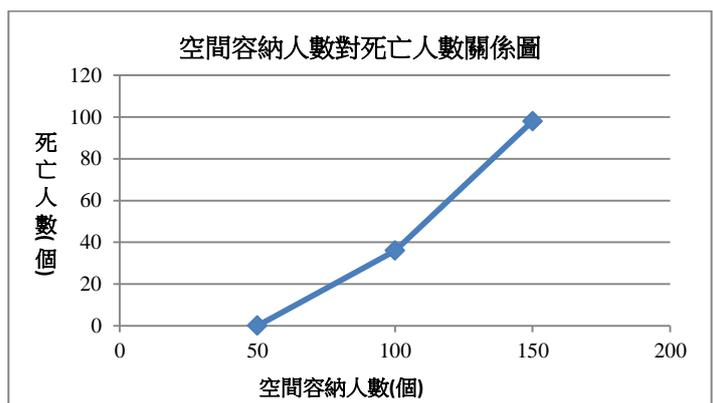


Fig.9 人數對死亡人數關係圖

隨空間容納人數的增加，死亡人數顯現急遽增加之走向，由此可知當人數的增加達到某種程度時，即使是少量增加空間室內人數，也能帶來重大傷亡。

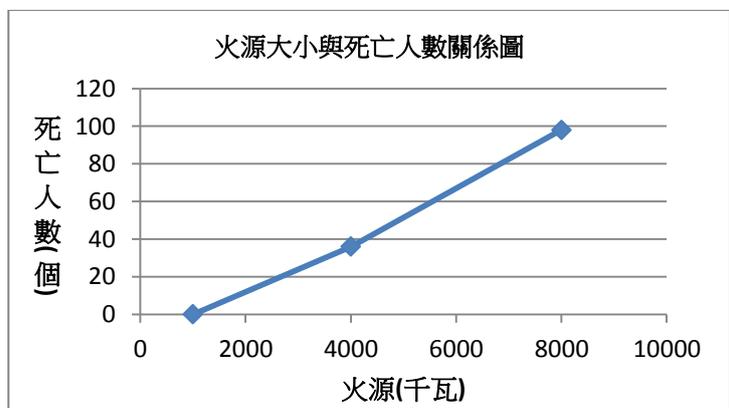


Fig.10 火源對死亡人數關係圖

隨火源能量的提升，死亡人數顯現急遽增加之走向，由此可知當火源的能量達到某種程度時，即使是少量增加火源能量，也能帶來重大傷亡。

#### 4.5 研究結果

二氧化碳濃度 7% 作為安全逃離時間之臨界點，與人數及火源之關係由下表：

**表 3 容納人數及火源大小對安全逃離時間之關係**

| 容納人數<br>火源大小 | 50 人   | 100 人  | 150 人  |
|--------------|--------|--------|--------|
| 1000 千瓦      | 215(s) | 215(s) | 215(s) |
| 4000 千瓦      | 55(s)  | 54(s)  | 54(s)  |
| 8000 千瓦      | 30(s)  | 30(s)  | 29(s)  |

(備註以上皆包含反應時間 15 秒)

從二氧化碳各表中可知，當二氧化碳濃度低於 7% 時，明顯因為人數的增加而更加提升二氧化碳之濃度，所以當二氧化碳濃度 7% 並未受到人數的增加而改變安全逃離時間。

## 5. 研究結論與建議

從火源、人數這兩項變數所延伸許多不同的組合中，我們可以得知火源的大小與安全逃離人數之關係由下表顯示：

**表 4 容納人數及火源大小對安全逃離人數之關係**

| 容納人數<br>火源大小 | 50 人 | 100 人 | 150 人 |
|--------------|------|-------|-------|
| 1000 千瓦      | 50 人 | 86 人  | 92 人  |
| 4000 千瓦      | 5 人  | 8 人   | 9 人   |
| 8000 千瓦      | 無    | 無     | 無     |

由此表可知火源愈大，能夠安全逃離的人數會大幅降低，以 50 人為單位的班級的實際角度來看，顯然 4000 千瓦與 8000 千瓦的安全逃離人數不符合實際狀況。而 8000 千瓦的情況下，由於火源太大導致生命危險過高，所以無安全逃離人數。

#### 參考文獻

- [1] 高施邦築、陳亮全、簡賢文、李維森、劉怡君、許俊文、陳素櫻、陳仁重、方立德、張歆儀、游靜萍、陳海力，「國家災害防救科技中心體系與政策組九十三年度研究報告」，國家災害防救科技中心，2004。
- [2] 楊育荃，「建築物火災模型之特性分析及實際案例之應用」，碩士論文，雲林科技大學，2002。
- [3] 陳博亮、李盛明、楊宗翰、葉俊麟、何炫騏，多重方案下建築物火災對逃生影響分析，國立聯合大學土木與防災工程學系，2014。