

防火門對建築物火災現場之影響分析-以聯大土木系館 為例

*陳博亮

國立聯合大學土木與防災工程學系

*李盛明

國立聯合大學土木與防災工程學系

楊宗翰

國立聯合大學土木與防災工程學系

何炫騏

國立聯合大學土木與防災工程學系

葉俊麟

國立聯合大學土木與防災工程學系

Analysis of the Fire Doors in Buildings on Fire Disasters – Case Study with Civil Engineering Hall in NUU

摘要

火災是建築物最常見的災難之一，建築法規規定“防火門應常關”，以避免火災擴散，但防火門關閉會不利人員逃生。為驗證此法規兩難現象，本專題收集火災對人員逃生可能的影響因素，藉由 Revit 建構實際建築模型並導入 Pyrosim 進行火災分析。以防火門常閉及常開兩種狀況，分析火災發生時的能見度、一氧化碳、二氧化碳、氧之含量等危險因子，來比較分析兩者狀況對人員逃生的優劣。

關鍵詞:防火門、溫度、Pyrosim、有害氣體

Abstract

The prevention of fire disaster is major concern in architecture design. Design codes require the fire doors closed for prevention of fire expansion in buildings. However, closed fire doors may delay the personnel to escape in fire. It is dilemma in design. This project is to collect all risk factors and construct a model for fire analysis in buildings with the Revit and the Pyrosim, commercial computer's packages. Two cases for open and close of fire doors are considered. Finally, we analyze the personnel escape time in the visibility, and content of Carbon monoxide, Carbon dioxide, and oxygen in these two cases.

一、前言

高雄氣爆事件發生火災造成生命財產的損失，顯示火災事件是嚴重的工安事件。火災事件發生時除了火源本身的危害外，另一個火場最常見的殺手是”煙”。根據國內外發生的建築火災中約有 60%~80%的人員是由於煙流的危害而亡，本研究希望透過驗證防火門法規中火災時應關閉，以瞭解建築物的防火規範其中的意義，因此對照組設置為逃生門起火時為開啟做為比較，期望其中的差異可以促使大眾重視消防法規的規定。

根據建築設計施工法規規定:防火門應長時間關閉，加上火災區域煙霧迷漫，所以我們想了解防火門長時間開啟時會造成何種逃生困難，因此利用美國國家標準與技術研究學院研發的火災模擬軟體 Pyrosim，專用於火災動態仿真模擬來驗證法規防火門是否該長時間關閉。

透過 Pyrosim 實際模擬計算結果，我們可以得到逃生門為關閉狀態跟開啟狀態下可見度與有害氣體等重要參數，進而利用數據來判定逃生門關閉或開啟的逃生沿時、存活率，以作為學校對防火門應該關閉或開啟的判斷根據，以此提升學校公共安全，及驗證法規，為什麼逃生門要關閉。

二、實證案例-以八甲校區一期建築物為例

2.1 火災研究之文獻回顧

應用火災動力學模擬 FDS 模擬火災現場再現，以預測火災煙氣運動的發展應用到實際的消防模擬火災現場進行調查，另外也有針對煙流分區管制(Zone)的煙氣運動模擬，提供更準確得預測火災煙氣傳播

2.2 火災分析軟體回顧

常看到部分研究常以 FDS 為研究軟體，FDS 為美國 NISI 所開發，該程式可以單獨跑火場熱、避難模式與描述火災的演化方程式、計算火場中產生的有毒氣體與煙的流向，最重要的是提供使用者分析火場發生原因及消防設備的設置模擬。

而我們選擇的 Pyrosim 火災動態仿真模擬軟體(以下簡稱 Pyrosim)，是 FDS+EVAC 的結合，Pyrosim 介面更貼近使用者，其提供了圖形用戶介面的模擬設計和執行，以及三維可視化工具的分析結果，是一套簡單、直觀、易用的新型智能人員緊急疏散逃生評估系統，由美國國家標準與技術研究院研發，從事物理、生物和工程方面的基礎研究以及測量技術和測試方法方面的研究，提供標準、標準參考數據及有關服務，在國際上享有很高的聲譽。

2.3 介紹 Revit

在建築業的 3D 電腦繪圖輔助工具裡，從 2D • CAD 為主的 AutoCAD，到 3D 的 Autodesk'Revit 因為都是一套應用 BIM 的概念，它賦予設計和施工專業人士，把想法與建築協調一致的模型軟體，主要功能為：建築設計、環境維護、結構工程設計、施工利用合理實用、各種方向的視圖來工作，在不同設計階段維持靈活設計能力，並能快速輕鬆地變更主要組成

元素。在最短時間內即能建立完整設計提案。

2.4 Pyrosim 軟體介紹

Pyrosim 是一種火災模擬軟體(FDS)，提供了一個圖形化的用戶介面系統程式，用來建構火災實況模擬，可以準確的預測火災濃煙的流動、火場溫度、和有害氣體濃度分布。軟體是以流體動力學為理論依據，模擬真實火場，Pyrosim 提供可圖形化編輯，並可在構建模型的同時，能方便查看所建構模型之正確性，該軟體可以應用的範圍如下：性能化建築防火設計、消防安全評估之項目驗收評估、火災事故事後調查、滅火實際模擬。火災自動探測與警報系統開發。

2.5 建築法規回顧

根據建築技術規則防火門窗等防火設備應具有一小時以上之阻熱性，其內部裝修材料應為耐燃一級材料，且設有通風管道時，其通風管道不得同時貫穿緩衝區與二側建築物之防火區劃。緩衝區連接地下建築物、地下運輸系統之出入口防火門窗應為常時開放式，且應裝設利用煙感應器連動或其他方法控制之自動關閉裝置，並應與所連接地下建築物、地下運輸系統及建築物之中央管理室或防災中心連動監控，使能於災害發生時自動關閉。

根據建築技術規則規定地下使用單元臨接地下通道之寬度，不得小於二公尺。自地下使用單元內之任一點，至地下通道或專用直通樓梯出入口之步行距離不得超過二十公尺。

2.6 火場影響逃生因素之危害標準

2.6.1 能見度 (Visibility)

表 1、煙霧濃度與可視距離的關係

20~30m	煙霧剛發生時之淡薄濃度，煙霧探測開始有反應，此時對不熟悉建築物動線的人會有避難障礙
5m	對於熟悉建築物動線的人亦會有避難障礙
3m	感覺昏暗時的濃度，避難人員需摸黑前進
1~2m	幾乎看不見前方，但誘導燈勉強可看見
<1m	火災旺盛期之濃度，連誘導燈也看不見

2.6.2 氧氣(oxygen)

表 2、氧氣濃度對人體的影響

氧氣濃度	身體反應
21% 降至 14% 時	妨礙運動肌肉之調節
14% 降至 10% 時	尚有意識、疲勞、判斷易錯誤
10% 降至 6% 時	昏迷，數分內需供氧始可甦醒

2.6.3 一氧化碳(Carbon monoxide)

表 3、一氧化碳濃度與人體可能出現不適症狀

一氧化碳濃度 (ppm)	人體出現不適症狀
100	8 小時內尚無感覺
400~500	1 小時內尚無感覺
600~700	1 小時內頭痛、噁心、呼吸不暢
1000~2000	2 小時內意識朦朧、呼吸困難、昏迷、痙攣、 逾 2 小時即死亡
3000~5000	20~30 分內即死亡
10000	1 分鐘內即死亡

2.6.4 二氧化碳(Carbon dioxide)

表 4、二氧化碳濃度與人體可能出現不適症狀

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	短時間內即可死亡

2.7 究方法與流程

在國內外研究火災與煙行為模式的研究，常以事件火災統計分析、理論推導、及電腦模擬，在無法以實際的方式，觀察火災中煙的流向和火場的情況下，只能以電腦模擬的方式進行火災模擬。

本研究是為了探討防火門之規定”防火門應常時關閉”之驗證，探討防火門「開啟」與「關閉」不同狀態下的能見度與有害氣體所造成之危害加以分析，驗證法規之規範是否符合和逃生的需求，本研究以國立聯合大學-土木系大樓為例(附圖 1)。

我們選擇軟體為 Pyrosim 火災動態仿真模擬軟體，他提供了圖形用戶界面的模擬設計和執行，以及三維可視化工具的分析結果。我們還運用了 BIM(建築資訊模型化)之概念，其中選用 Revit 因為它是一套應用 BIM 的概念，它賦予設計和施工專業人士，把想法與建築協調一致的模型軟體，主要功能為：建築設計、環境維護、結構工程設計、施工，因此我們運用這些功能建構土木系館，用於 Pyrosim 以便進行實際建物火災模擬分析

以 Revit 繪製 3D 模型，匯入 Pyrosim，以建築物實際可能會發生火災之地點設置起火點及火源能量大小，並把逃生門分為開啟跟關閉分別分析其中的能見度與有害氣體以此來比較防火門關閉跟開啟的狀態下哪種模式最有利逃生。

研究範圍以國立聯合大學八甲校區-理工一期土木系館，且起火點設置為四樓土壤力學實驗教室內之烘箱，因土木系館逃生門長時間開啟恐影響逃生時間，故以該棟大樓為例分析逃生門長期開放式，是否影響逃生時間如圖(1)所示：

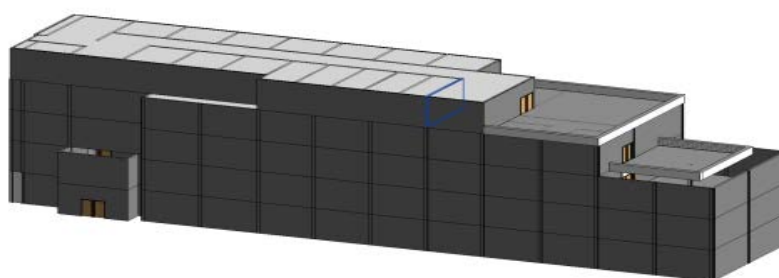
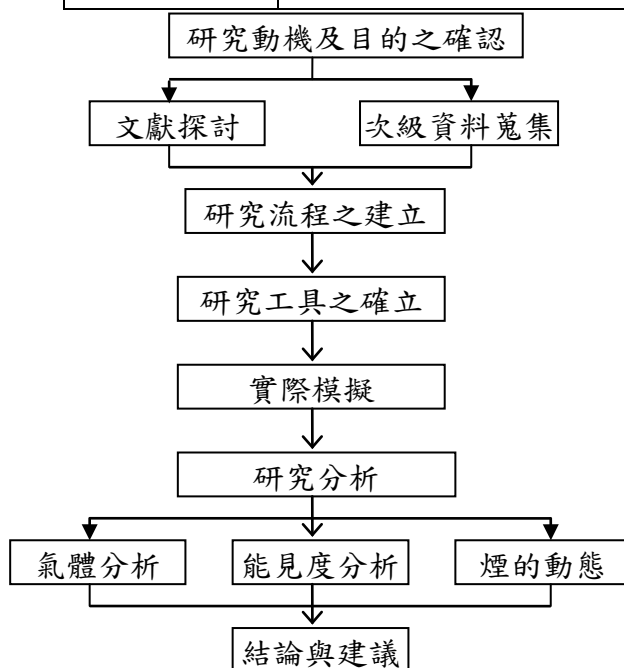


圖 1. 土木系館全貌

表 5、邊界假設

牆壁的材質	混凝土
防火門材質	鑄鋁門
燃燒時間	180s
火力強度	1000 千瓦
燃燒時間	180s
觀測點	離起火點最近之防火門 10 公分處走廊
窗戶	全關閉



2.8 結果與討論

火災發生時逃生門之開閉對於人員逃生之影響並探討

4.1 逃生門開門

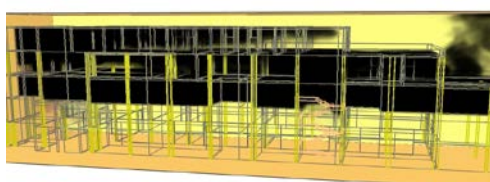
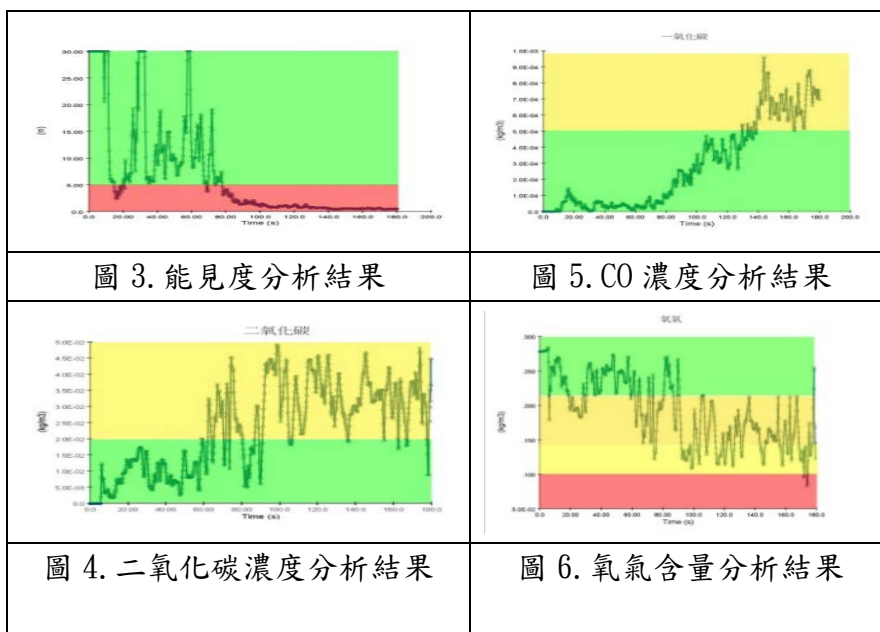


圖 2. 防火門開啟狀態下煙場模擬結果 (180s)



4.2 假設逃生關閉門之狀況下，分析模擬的結構圖如圖 7。

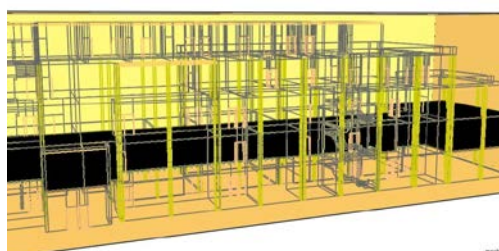
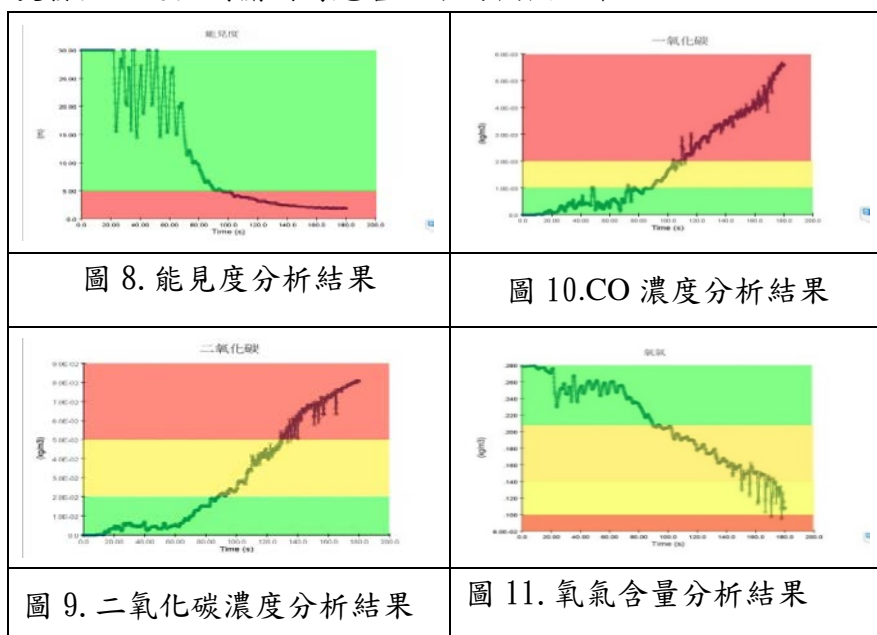


圖 7. 防火門關閉狀態下煙場模擬結果

圖 8~11 顯示火災發生且逃生門關閉時危害因子的模擬結果。



2.9 結論與建議

5.1 結論

本研究以土木系館做為模擬案例，若變數過多會使模擬過於複雜難以分析，因此我們簡

化模擬變數，其中窗已全關閉與起火點選擇為四樓土壤力學實驗室高溫烘箱。

本研究以氣體造成的危害（包括可見度、氧氣、二氧化碳與一氧化碳）為研究重點，防火門開門時與關門時的危險因子安全範圍值與逃生時間的關係整理如下圖。

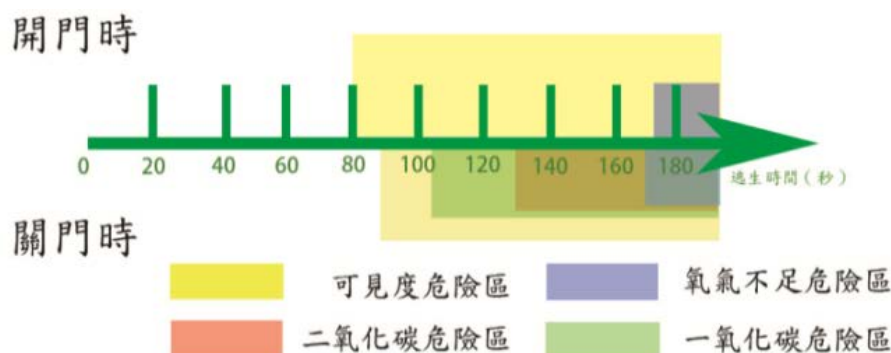


圖 12. 防火門開啟與關閉下的的危險因子與逃生時間關係

由圖 12 所得到的結論如下：

1. 依模擬分析結果可見度的安全範圍值在開門時較危險，逃生時間僅為 80 秒。
2. 有害氣體抵達危險臨界值時，三項有害氣體皆在防火門關閉時較為危險，所以消防法規另有排煙窗的規定但與學校平常使用時門窗緊閉的現象值得省思。
3. 逃生門在關閉的情形中起火樓層變成內部悶燒，有害氣體不斷產生，因此對於單樓層起火源的情形是逃生門開啟較有利逃生。
4. 對單樓層火災而言開門是有利存活的，但對多樓層防火門關閉可以避免災害擴大。

5.2 建議

1. 防火門應長時間關閉。
2. 防火門若不長時間關閉應設置偵煙自動關閉裝置。

三、參考文獻

- [1] 呂淑然、楊凱著，2014 年，火災與逃生模擬仿真-PYROSIM，化學工業出版社，中國。
- [2] 建築法，中華民國 100 年 1 月 5 日總統華總一義字第 09900358601 號令修正公布。
- [3] 消防法，中華民國一百年十二月二十一日總統華總一義字第 10000283821 號令修正公布
- [4] 內政部營建署，最新建築規則，<http://w3.cpami.gov.tw/law/law/lawe-2/b-rule.htm>
- [5] 防火工程師學會，<http://sfpetaiwan.org.tw/front/bin/home.phtm>