以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 106 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

PG10601-0609

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究

受 委 託 者 ： 台灣建築學會

研究主持人 ： 郭詩毅

協同主持人 ： 莊英吉

研 究 員 ： 莊英宏

研 究 助 理 ： 袁千涵

研 究 期 程 ： 中華民國 106 年 1 月至 106 年 12 月

研 究 經 費 ： 新臺幣 150 萬元

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 106 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究

目次

目次 I
表次 III
圖次 V
符號表 VII
摘要 XI
ABSTRACT XV
第一章 緒論 1
第一節 研究背景與目的 1
第二節 研究範圍 4
第三節 研究方法與流程 5
第二章 文獻回顧 9
第一節 防火避難安全驗證 9
第二節 建築資訊模型 38
第三章 執行技術分析與應用 45
第一節 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊分析 45
第二節 BIM 執行技術架構 50
第三節 BIM 執行技術分析 57
第四節 研究方法確立與結論 75
第四章 TEMPLATE 防火避難樣版系統設置與應用 77
第一節 以「TEMPLATE 防火避難樣版」輔助建築物防火避難性能驗證之執行技術架構 77
第二節 建置防火避難樣版參數之確立 79
第三節 TEMPLATE 系統建置與應用 90
第五章 案例驗證與 TEMPLATE 防火避難樣版使用者案例操作手冊建立 93
第一節 導入個案驗證目的與架構 93
第二節 導入個案驗證簡介 96
第三節 小結 128
第六章 性能式設計軟體應用 129
第一節 CFD 概念 129
第二節 火災煙氣模擬軟體 FDS 簡介 131

第三節 FDS 前端處理器 PyroSim 簡介 135
第四節 案例驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 應用 138
第五節 轉換模型後模型再處理 141
第六節 拋轉模型模擬結果與原工程案例對比分析 148
第七章 結論與建議 153
第一節 結論 153
第二節 建議 158
附錄一 期初審查會議記錄回應表 163
附錄二 期中審查會議記錄回應表 169
附錄三 期末審查會議紀錄回應表 175
附錄四 第一次專家座談會會議記錄 183
附錄五 第二次專家座談會會議記錄 187
附錄六 歷次工作會議紀錄 193
附錄七 TEMPLATE 防火避難樣版使用者案例操作手冊-初版- 211
參考書目 213

表次

表 2-1 法定規格式基準（ROUTE A）依據 11
表 2-2 建築技術規則設計施工編 13
表 2-3 建築物防火避難安全性能驗證法適用範圍..... 15
表 2-4 應進行避難安全性能驗證之方式 19
表 2-5 火源成長模式係數 25
表 2-6 步行速度 27
表 2-7 可參考引用步行速度得類似場所用途範例..... 28
表 2-8 有關居室收容人員密度 29
表 2-9 有效流動係數..... 33
表 2-10 堆積可燃物每 1 平方公尺的發射量（Q1）..... 34
表 2-11 內部裝修材火災成長率（AM）..... 37
表 2-12 建築物生命週期整合性專案交付 IPD 交換性不足產生之額外成本 40
表 2-13 BIM 工具、BIM 平台和 BIM 環境之介面模式說明與比較..... 41
表 2-14 BIM 技術在建築物生命週期的應用層面 42

表 3- 1 居室避難時間驗證法 45
表 3- 2 樓層避難時間驗證法 46
表 3- 3 整棟避難時間驗證法..... 48
表 3- 4 手繪、CAD 與 BIM 之比較 53

表 4- 1 建築物防火避難安全性能驗證參數分類表..... 80
表 4- 2 REVIT 檔案格式..... 91

表 6- 1 CFD 軟體一般處理流程..... 130
表 6- 2 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊與 FDS..... 133
表 6- 3 FDS 火災情景設置說明..... 142
表 6- 4 FDS 格點設置說明..... 143

表 6- 5 煙遮光率所能承受的極限值 144
表 6- 6 人體承受危害程度指標分析表 144
表 6- 7 本案煙毒危害判定標準 145
表 6- 8 煙層界限高度 146

圖次

圖 1-1 TEMPLATE 防火避難樣版建置與應用法 6
圖 1-2 研究流程圖 8

圖 2-1 臺灣防火避難安全驗證技術種類架構..... 10
圖 2-2 避難安全性能驗證法之構成 18
圖 2-3 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊計算流程架構..... 21
圖 2-4 建築物避難歷時概念 22
圖 2-5 居室避難安全性能驗證法 23
圖 2-6 火源成長時間(S) 25

圖 3- 1 現行 BIM 發展組成結構關係 51
圖 3- 2 BIM 執行技術與建築物生命週期 52
圖 3- 3 BIM 執行技術與建築物生命週期 55
圖 3- 4 BIM 執行技術架構..... 56
圖 3- 5 BIM 執行技術分析項目 57
圖 3- 6 API 應用程式介面概念圖 61
圖 3- 7 IFC 發展歷程..... 65
圖 3- 8 IFC 架構..... 67
圖 3- 9 IFC 作業概念圖..... 68
圖 3- 10 BIM 標準作業規範建築專案團隊 70
圖 3- 11 BIM 標準作業規範基本元件組構圖 71
圖 3- 12 BIM 標準作業規範流程..... 72

圖 4- 1 研究方法構成關係 78
圖 4- 2 TEMPLATE 樣版參數設定資源研究方法構成關係 79
圖 4- 3 樣版系統架構..... 91
圖 4- 4 REVIT 檔案格式作業關係..... 92

圖 6- 1 FDS 軟體架構圖 132
圖 6- 2 REVIT 檔案 3D 模型 139
圖 6- 3 拋轉後 PYROSIM 檔案 3D 模型 140
圖 6- 4 PYROSIM 檔案轉換為 FDS 語言 140
圖 6- 5 BIM 幾何信息拋轉後門窗為封閉狀態 141
圖 6- 6 2F 走廊火源設置位置 142
圖 6- 7 測點位置示意圖 147
圖 6- 8 原工程案例模型各樓層可視距離測量結果 149
圖 6- 9 BIM 拋轉模型各樓層可視距離測量結果 149
圖 6- 10 原工程案例模型各樓層溫度測量結果 150
圖 6- 11 BIM 拋轉模型各樓層溫度測量結果 150

符號表

建築物防火避難安全性能驗證法之符號表

a_n ： 按照避難途徑等部份要求的法定密度。

A_a ： 該居室的各個進風口（該進風口應保持常時開啟或連動開啟）之開口面積（m^2）。

A_a ： 該居室所設置個進風口（隨著該有效開口部之開啟，限該開啟之居室內的進氣口）之開口面積（m^2）。

A_{area} ： 該居室之總樓地板面積（m^2）。

A_{area} ： 該居室等各部分之樓地板面積（m^2）。

A_{co} ： 該避難路徑等各部份的樓地板面積（m^2）。

A_{floor} ： 該樓層各居室與必須通過該樓層所設置之直通樓梯等建築物各部分之總樓地板面積（m^2）/樓層及整棟避難。

A_{load} ： 假設該樓層必須要通往該直通樓梯出口來進行避難之各部分 樓地板面積（m^2）/居室及樓層避難。

A_{load} ： 如不通往（需經過避難路徑等處才能避難的各建築物樓地板面積）。該地面出口就無法避難的建築物部分樓地板面積（m^2）。

A_{op} ： 開口部面積之總合（m^2）。

A_{room} ： 該居室樓地板面積（m^2）。

A_s ： 該防煙區劃之各個有效排煙口（該排煙口應保持常時開啟或連動開啟，與該排煙口相距 30m 以內之排煙口應能同時動作）之開口面積（m^2）。

A_s ： 該防煙區劃內所設置個煙層界限高度內有效開口部（隨著該有效開口部之開啟，且該開啟之防煙區劃內之有效開口中，距該有效開口部 30m 以內範圍者）之開口面積（m^2）。

A_{sc} ： 該防煙區劃面積（m^2）。

A_{st} ： 該樓層至直下層樓梯間的樓地板面積（m^2）。

A_{st} ： 樓梯間的樓地板面積總合（m^2）。

A^* ： 排煙效果係數。

B_d ： 避難層以外樓層人員安全通過避難路徑出口寬度（m）。

α_m ： 有效出口寬度（m）。

B_{load} ： 需經過避難途徑等處始能避難的各建築物部份的出口總寬度（m）。

B_{neck} ： 該居室的出口寬度或是避難路徑等出口（僅限於直達樓梯或 是通往地面者）寬度中任何一項較小值者（m）。

B_{room} ： 該居室的出口寬度（m）。

B_{st} ： 該樓層直通樓梯之出口寬度（m）。

B_{st} ： 通往地面出口的樓梯寬度（m）。

E ： 該防煙區劃所設置排煙設備之排煙量（m^3/分）

h_s ： 該防煙區劃排煙口之上端與下端間之垂直距離（m）。

h_s ： 設於該防煙區劃內之煙層界限高度內有效開口部上端與下端之垂直距離（m）。

H_c ： 該防煙區劃之每個排煙口中心點至基準點之平均高度（m）。

H_c ： 該防煙區劃所設置各煙層界限高度內有效開口部中心基準點起算之平均高度（m）。

H_{lim} ： 煙層界限高度（m）。

H_{low} ： 從該居室樓地板面最低點起算之平均天花板高度（m）。

H_{room} ： 該居室自地面最高的位置至天花板間的平均高度（m）。

$\overline{H}_{st}$ ： 該居室排煙口上方至該居室基準點之平均高度（m）。

$\overline{H}_{st}$ ： 自居室基準點起算至該空間煙層界限高度內有效開口部上端之平均高度（m）。

H_{top} ： 該居室基準點至天花板之最大高度（m）。

H_{top} ： 從該防煙區劃內基準點起算至天花板之最大高度（m）。

H_w ： 防煙垂壁下端至該居室基準點之最大高度（m）。

l_i ： 居室任何一點到達居室出口之步行距離（m）。

l_i ： 該樓層各居室到達直通樓梯任一出口（該起火室直接通往直通樓梯時，在通往該起火室的直通樓梯出口中，便不考量其中最大寬度者；該樓層為避難樓層時，通過該起火室的地面出口中，不考量其中最大寬度者）之步行距離（m）。

l_i ： 建築物居室內各位置到達地面出口（當該起火居室為地面層，係指其他最大出口以外之通過地面出口之步行距離）之步行距離（m）。

N_{eff} ： 有效流動係數（人/m 分）。

P ： 收容人員密度（人/m^2）。

S ： 該防煙區劃之送風機對於該區劃有效進風口之進風能力（m^3/分）。

S ： 藉由該空間之送風機，從該空間煙層界限高度內有效開口部排出空氣之能力（m^3/分）。

t_{queue} ： 該居室人員通過出口所需之時間（分）。

t_{queue} ： 位於該樓層者從該樓層通過直通樓梯出口所需時間（分）。

t_{queue} ： 整棟建築物人員通過地面出口所需之時間（分）。

t_{reach} ： 居室避難人員抵達出口所需之時間（分）。

t_s ： 該居室火災產生的煙層下降達到避難障礙高度的時間（分）。

t_s ： 樓層煙層下降時間（分）。

t_{start} ： 從火災發生至居室人員開始避難之時間（分）。

t_{start} ： 火災時，該樓層人員開始進行避難所需時間(分）。

t_{start} ： 從火災發生開始至建築物收容人員開始進行避難行動所需時間（分）。

t_{travel} ： 居室任何一點到達居室出口所需之最長步行時間（分）。

t_{travel} ： 位於該樓層者，從該樓層各居室到達任一直通樓梯所需的步行時間（分）。

t_{travel} ： 建築物內收容人員從建築物居室各位置到達地面出口所需之步行時間（分）。

V ： 步行速度（m/分）。

V_e ： 有效排煙量（m^3/分）。

V_s ： 煙霧產生量（m^3/分）。

V_{s0} ： 利用算式計算之起火室發煙量（m^3/分）。

w ： 該防煙區劃之每個排煙口（其有效排煙口必須保持常開或火災時可以連動開啟，且其排煙口的位置必須離天花板30cm 範圍內）之排煙能力（m^3/分）。

α_f ： 該居室堆積可燃物每 $1m^2$ 的發熱量（堆積可燃物之火災成長率）。

α_m ： 該居室內部裝修材料依材質的不同而有不同的設定值（內部裝修材料之火災成長率）。

摘要

關鍵字：建築資訊模型（BIM）、建築物防火避難、安全驗證、FDS

一、 研究緣起

建築物防火避難性能設計的評定制度之設立，係考量現今建築朝向高層化、集合化、大型化及多元複合化的使用型態需求下衍生之防火避難安全風險。由於目前都是以人工讀取 AutoCAD 中的數據，再由人工輸入的方式進行防火避難性能設計之計算作業，此方式不僅浪費時間，也有輸入錯誤數值的可能；另外在火災煙控電腦模擬 FDS 中，對於曲線等特殊造型的設計，亦是以接近曲線化的方式進行輸入，進而影響煙層下降時間及避難時間的計算。如何透過 BIM 技術導入於建築防火避難性能驗證中，提升使用者作業的便利性與參數數值的精確度，使建築物防火避難產業升級，亦可以提升後續評定審查單位進行查核作業的品質與效率，保障建築物防火避難的安全。

二、 研究方法及過程

本研究將防火避難安全性能驗證技術種類 Route B 及 Route C 分別進行探究，採行的研究方法包含文獻回顧法、理論與方法、Template 防火避難樣版建置與應用法、案例驗證法、專家座談法、比較分析法等。

將研究過程分為五個部分，分別為文獻回顧與理論分析、Template 防火避難樣版參數分析與建置、召開專家座談、Route B 及 Route C 分別進行案例驗證、比較分析與修正樣版。

根據文獻回顧之內容，將防火避難樣版參數所需參數進行分析並且分類，作為建置 Template 防火避難樣版之基礎；邀請與本研究主題相關的國內專家學者進行座談會議，以諮詢討論及意見交流的方式，前後召開兩次專家學者座談會，以作為研究計畫執行要項內容之審視及改進；Route B 部分以防火避難評估公司為使用者的角度出發，先後用運用建築大樓案例，並且以新北市政府所推行之「建造執照電腦輔助查核系統」為發展概念，建置「Template 防火避難樣版」初版，Route C 部分利用一現有工程案利驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 模擬的結果，並且與原有工程案例進行

對比分析，初步判別與檢測兩軟體間拋轉問題與使用的注意事項；蒐集各方之意見後，整理分析並且回饋修正防火避難樣版，作為國內發展以 BIM 技輔助建築防火避難性能驗證之第一步，亦是作為 BIM 整合「建築物生命週期」的第一步。

三、 重要發現

將建築物防火避難驗證相關資訊與數值建立於 BIM 資料庫中，可以提升後續營運管理及救災預防的目的，依據本研究所撰寫之「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」使用「Template 防火避難樣版」初版，經由實作驗證，可獲得下列效益：

1. 提升防火避難評估公司等使用者作業的便利性，達到節省成本（人工手動操作、縮短時程）的目的。
2. 提升防火避難前提條件參數數值的精確度及防火避難性能驗證結果數值的精準度，達到減少人工輸入、輸出錯誤之可能，影響後續驗證結果的計算，提升建築物之安全性。
3. 共享 BIM 元件資料以減少重複作業的浪費，結合 BIM 元件庫，植入建築防火避難性能驗證所需資訊屬性，深化及本土化國內 BIM 技術應用。
4. 使用標準資料格式減少因檔案交換而產生的錯誤與遺漏，提供使用者三種檔案匯出及交付原則，達到資料及檔案標準化，以利後續研究可依本樣版為母體，針對通案做相對參數分析及規範後，可分版本加入設定。

將一建築工程案例的幾何模型拋轉至 FDS 中，再進行消防之設定，把模擬結果與原有工程案例進行對比分析，獲得下列效益：

1. 節省 FDS 建置模型所需的大量時間及人力成本，不需再對 AutoCAD 圖檔進行二次解讀並且重新建模，減少模型不精確及人工操作失誤的可能。
2. 與原有建築圖紙完全一致，可避免過去工程師或其他使用者二次建模時，因為人工疏忽或特殊造型的設計，而產生模型簡化等原因，造成後續模擬所用模型與設計方案出現偏差。
3. BIM 拋轉後的模型在整個過程中均以 3D 模型呈現，有利於更直接觀測測點的位置，方便模型的建置與後續審查單位的審核。

四、 主要建議事項

根據研究發現，提出下列具體建議：

1. 立即可行－辦理國內「使用傳統 CAD 作業模式與 BIM 建築資訊模型在防火避難性能驗證所得之資料差異」講座。
2. 立即可行－推廣「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」，將 BIM 技術導入業界作為防火避難驗證之標準作業機制。
3. 中長期建議－以 BIM 進行建築物防火避難性能驗證線上查核之作業機制。
4. 中長期建議－以 BIM 輔助性能式設計軟體之後續應用。

ABSTRACT

Keywords: BIM, building fire protection and evacuation, safety verification, FDS

I、 Purpose of research

The assessment system of performance design of building fire protection and evacuation is set up to judge the security risks of fire protection and evacuation being derived from demands of current buildings which develop toward high-rise, integrated, large-scale and compound use patterns. At present, we read data in AutoCAD manually and then carry out the calculation regarding the performance design of fire protection and evacuation in the manner of manual entry. This method is not only a waste of time, but also has the possibility of input error. Additionally, in the computer stimulation FDS with fire smoke control, designs of curves and other special shapes are also inputted in a manner being close to curves. As a consequence, the calculation regarding the fall time of smoke layers and the evacuation time would be influenced. How to introduce BIM technology into the performance verification of building fire protection and evacuation to improve convenience for users' operation and accuracy of parameters, and facilitate the industrial upgrading of building fire protection and evacuation? This could also improve quality and efficiency of check operations made by follow-up review and assessment units to guarantee security of building fire protection and evacuation.

II、 Research methods and processes

The study explored Route B and Route C, the verification technique types regarding safety performance of fire protection and evacuation, respectively. It adopted research methods including literature review, theories and methods, template establishment and application regarding fire protection and evacuation, case validation, expert symposium, method of comparative analysis and others.

The research processed was divided into five parts, namely, literature review and theoretical analysis, parametric analysis and establishment of template of fire protection and evacuation, the implementation of expert symposium, conduct of case validations for Route B and Route C respectively, comparative analysis and correction of template.

According to the content of literature review, the author analyzed and classified parameters required for the template of fire protection and evacuation so as to serve as the basis for establishing the template of fire protection and evacuation. Domestic experts and scholars related to this research topic were invited to join the symposium. The experts and scholars symposiums were held for two times in the manner of consultation, discussion and

exchanges to serve the inspection and improvement regarding main implementation contents of the research plant. From the perspective of a fire protection and evacuation assessment company as the user, Route B successively utilized building cases and took the "computer-assisted check system of building license" being issued by the government of New Taipei City as the development concept to establish the first edition of "template of fire protection and evacuation". As to Route C, it adopted an existing engineering case to verify results of applying BIM to FDS stimulation and made a contrastive analysis with the original engineering case, so as to initially distinguish and detect conventional issues between two software and notes for application. After collecting opinions of all parties, the author collated, analyzed, and corrected the template of fire protection and evacuation. As the first step of domestic BIM-aided performance verification of building fire protection and evacuation, this is also the first step for BIM to integrate "life cycle of buildings".

III、 Significant findings

Input information and numerical value related to the verification of building fire protection and evacuation in the BIM database could enhance follow-up operation management and the purpose of disaster relief and prevention. After physical verification of the usage of the first edition of "template of fire protection and evacuation" according to the "operation manual for users of templates of fire protection and evacuation," written by the research institute, we could obtain the following benefits:

1. Improve the convenient operation of fire protection and evacuation assessment companies and other users to achieve the goal of saving cost (manual operation, shortening of time).
2. Improve accuracy of the preconditioned parameters of fire protection and evacuation and the numerical value of performance verification results of fire protection and evacuation so as to reduce possibilities of errors caused by manual input and output, which might influence the calculation of follow-up verification results, to improve building security.
3. Share BIM component data to reduce the waste caused by repetitive operation. With the combination of BIM component library, we could implant the information and attributes being required for performance verification of building fire protection and evacuation to deepen and localize technology application of domestic BIM.
4. Use formats of standard materials to reduce errors and omissions caused by file exchange. Provide users with three types of file export and delivery principles to realize standardization of data and files for the benefit of follow-up researches (could take this edition as the parent body). After carrying out relative parametric analysis and specifications with respect to general cases, we could add settings based on

different editions.

Applied the geometric model of a constructional engineering case to FDS and then conducted the fire protection settings to do contrastive analysis between the stimulation results and the original engineering case, we consequently obtained the following benefits:

1. Save the time and human cost required for FDS modeling. Secondary interpretation and new modeling with respect to AutoCAD drawing files are not necessary now. The possibility of inaccurate model and manual operation errors could be reduced.
2. Be completely consistent with the original architectural drawings. This could avoid model simplification and other cases, which would result to deviations in models and designing schemes used in follow-up stimulation, being caused by negligence or designs of special shapes during the secondary modeling conducted by engineers or other users in the past.
3. The model being changed by BIM will be presented in the manner of 3D model during the whole process for the benefit of direct observation regarding positions of measuring points, modeling and review being issued by follow-up review units.

IV、 Main suggestions

The following detailed suggestions were proposed according to the study:

1. To hold domestic lectures regarding “differences of data being obtained from performance verification of fire protection and evacuation by traditional CAD operation mode and BIM respectively”.
2. To generalize the “operation manual for users of templates of fire protection and evacuation” and introduced BIM technology into the field to serve as the standard operation system for verification of fire protection and evacuation.
3. To utilize BIM to conduct the operation system regarding on-line check of performance verification of building fire protection and evacuation.
4. Utilization of BIM to assist the follow-up application of performance design software.

第一章 緒論

第一節 研究背景與目的

壹、研究背景

國內建築物現今朝向高層化、集合化、大型化及多元複合化的趨勢發展下日益增多，為了確保建築物內使用人員的安全，不受煙及火的危害，內政部建築研究所自民國 88 年起即開始進行建築物防火避難性能化之相關研究，逐步推動性能式建築防火法規，以增進特殊建築物的防火避難安全性能。目前財團法人台灣建築中心評定業務中將建築物防火避難安全驗證分為三種，分別為「法定規格式基準（Route A）」、「替代性方法（Route B）」、「性能式設計（Route C）」。

Route A 依照建築技術規則等國內法規的規定方式設計，而 Route B 以內政部建築研究所出版的「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」為驗證基準，驗證建築中的居室、樓層及整棟發生火災時，避難人員從避難開始至結束之避難逃生時間；與居室、走廊到樓梯因火災造成的煙開始蓄積之煙層下降時間相較，是否可於安全時間內完成避難行動。Route C 則是使用電腦進行「火災煙控電腦模擬」及「動態避難電腦分析」，如 FDS、Building EXODUS、Simulex 等，模擬火場之煙流與避難時間之情形。

目前建築防火避難性能驗證都是以人工讀取 AutoCAD 圖面中的數據，再由人工輸入的方式進行計算作業，若是建築師事務所將原有圖面進行修改時，同樣需由人工檢查且再次輸入或進行修正，此方式不僅耗費人力與時間，而且亦有人工作業所導致數值輸入、輸出錯誤的可能。另外目前現行的輸入方式，並沒有扣除基本樑柱的體積，對於曲線的輸入在 FDS 中亦是以「接近曲線化」的方式進行輸入，因此不僅會影響居室、樓層尺寸，進而會影響煙層下降的時間及避難時間的計算。

由於科技的發達、跨領域的合作，建築資訊模型（Building Information Modeling，以下簡稱 BIM）已經被全世界廣泛應用在建築、工程、營建

（Architecture, Engineering, Construction，以下簡稱 AEC）產業。BIM 並不僅是一項技術上的變革，同時亦是程序上的變革，為了提升建築生命週期更即時及有效的整合；並產出精確的資訊數值有利於紀錄與分析；落實後續營運管理及救災預防，建立完整的模型資料庫是現今建築相關產業共同努力的目標。

建築生命週期中以後續使用壽命的時間，相較規劃、設計及施工有倍數之多。有鑑於此，將建築物防火避難驗證相關資訊與數值建立於 BIM 資料庫中，可以提升後續營運管理及救災預防的目的，使建築物防火避難產業的升級，亦可以提升審查評定單位進行查核作業的品質與效率，保障建築物防火避難之安全。

貳、研究目的

透過 BIM 技術能有效地運用「物件導向」的資料結構，能及時產生精確數值之特性，從防火避難評估業界為使用者的角度出發，先後運用兩個建築大樓之案例，以新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」為發展概念，建立「Template 防火避難樣版」初版，作為推行以 BIM 輔助建築物防火避難性能驗證之初步整合，解決因為建築物梁、柱、樓地板面積等前提條件的誤差值，導致避難安全性能驗證結果的誤差與錯誤。以達到使用者可以與建築師有效整合圖面，增加驗證計算之準確性，避免收容人員實際可避難時間的浮報誤差，進而讓後續評定及審查單位可以有效掌握驗證資訊，降低火災時的人命傷亡及財產損失。綜合上述，本研究以兩案例進行「Template 防火避難樣版」之驗證，確立其可行性，並擬定以下研究目的：

1. 比較分析過去利用傳統方式的人工操作讀取 AutoCAD 資訊所產出之防火避難 excel 明細表格，與本研究利用 BIM 技術所產出之「Template 防火避難樣版」excel 明細表格之優劣與差異。
2. 以建築師事務所與防火避難評估公司等使用者為主，建置「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」。依據手冊中的操作步驟，導入及選取相關可辨識參數後，能快速產生防火避難 excel 明細表，並達到下列效益：
   (1) 提升使用者作業之便利性。

(2) 提升前提條件參數數值的精確度。

(3) 提升性能驗證結果數值的精準度。

(4) 提升建築物之安全性。

(5) 共享資料以減少重複作業的浪費。

(6) 使用標準資料格式減少因檔案交換而產生的錯誤與遺漏。

利用一工程案利驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 模擬的結果，並且與原有工程案例進行對比分析，初步判別與檢測兩軟體間拋轉問題與使用的注意事項。並達到下列效益：

(1) 減少模擬需二次建模之必要性，提升效率。

(2) 直接拋轉模型提升數值模擬的精確度。

(3) 提升性能驗證結果分析的精準度。

第二節 研究範圍

本研究範圍將分為兩大部分，一是因應現今建築物朝向高層化、集合化、大型化及多元複合化的趨勢發展，採用以「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」進行驗證的替代性方法 Route B 為主，先後運用的兩個建築大樓案例，探討居室避難安全性能驗證及樓層避難安全性能驗證，最終建置「Template 防火避難樣版」初版。另一則是採用性能式設計 Route C，利用一工程案例初步驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 進行火災煙控電腦模擬，並且與原有工程案例進行對比分析，此研究範圍將呈現於第六章當中。

依本研究導入的兩個建築大樓案例驗證，所建置出的「Template 防火避難樣版」初版，作為完整系統建置的基礎發展與後續驗證研究之依據，同時亦是作為銜接「IFC（Industry Foundation Classes，國際通用的資訊模型交換檔格式）雲端資料交換標準」的開端，是國內發展以 BIM 技術做法規檢測系統重要的第一步，亦是作為 BIM 整合「建築物生命週期」的第一步。其後續研究在導入不同案例的過程中，開案樣管理者可依照其需求做參數上的調整，後續研究案可依本樣版為母體，針對通案做相對參數分析及規範後，可分版本加入設定。

本研究性能式設計部分，運用國際通用火災煙控軟體 FDS，以及利用 FDS 現有配套軟體，如前端處理器 PyroSim 及後處理器 Smokeview 等。現階段研究主要探討如何將 BIM 模型中的幾何資訊順利導入至 FDS 中，在現有的幾何模型基礎上，進行工程的必要設置及模擬，其結果會與原工程案例進行對比分析，以驗證拋轉模型後模擬的可行性。將 BIM 模型中的「程式語言」以「C++」和「C#」之方式做程式語言的交換與整合，此作法屬於「API 應用程式介面」及「IFC 資料格式轉換」之研究方法，整合層面較多且複雜，將歸類於本研究範圍之外。未來的後續研究可針對本研究之成果，研發出一套基於 IFC 格式的 API 應用程式介面，使 FDS 模擬的結果可以更近一步呈現於 BIM 模型資訊中。

第三節 研究方法與流程

壹、 研究方法

根據研究目的以及研究範圍內容的界定，本研究所採行的研究方法包含文獻回顧法、理論與方法、Template 防火避難樣版建置與應用法、案例驗證法、專家座談法、比較分析法等，說明如下：

1. 文獻回顧法：

蒐集及參考建築技術規則、各類場所消防安全設備設置標準、建築物防火避難安全性能驗證法、建築資訊模型 BIM、Autodesk Revit、新北市建造執照電腦輔助查核系統、API 應用程式、IFC 資訊交換標準、火災煙控模擬軟體 FDS、FDS 前置作業軟體 PyroSim 及後處理器 Smokeview 等相關書籍、規範、文獻資料。

2. 理論與方法：

依據研究背景目的與文獻分析，本研究將研究範圍分為兩大部分，一是採用以「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」進行驗證的替代性方法 RouteB 為主；另一則是採用性能式設計 RouteC 為主，利用案例驗證分析其應用架構。

3. Template 防火避難樣版建置與應用法：

本研究以新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」為發展概念，以建築物防火避難安全性能驗證技術手冊進行驗證的替代性方法 Route B 為主，將有關居室避難安全性能驗證及樓層 避難安全性能驗證的參數值，導入「Template 防火避難樣版」初版中，並採用的是建築師事務所常用之 Autodesk Revit 為 BIM 執行應用軟體。

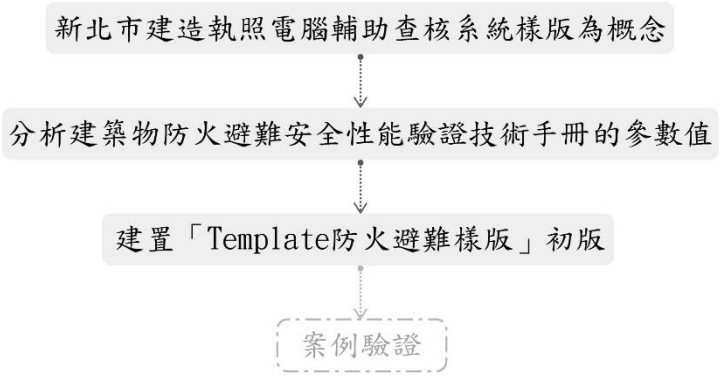


圖 1-1 Template 防火避難樣版建置與應用法（資料來源：本研究繪製）

4. 案例驗證法：

先後藉由兩個建築案例驗證「Template 防火避難樣版」內的參數設定，確立建構的樣版系統與後續的可執行性。

5. 專家座談法：

因本計劃涉及建築物防火避難及消防安全兩領域係分屬不同中央及消防主管機關權管，本研究將透過辦理兩場次專家座談方式，邀請國內專家學者進行座談會議，以議題討論方式，彙整相關重要意見，進行研究內容審視及改進。

6. 比較分析法

比較運用本研究所建置的「Template 防火避難樣版」所產生出的防火避難 excel 明細表，與傳統人工判讀 AutoCAD 圖面的進行比較。分析運用 BIM 技術所匯出的前提條件與避難安全性能驗證結果的便利性，作為未來系統修正建置的第一步。

貳、 研究流程

本研究將研究過程分為五個部分，分別為文獻回顧與理論分析、Template 防火避難樣版建置與應用、Route B 及 Route C 分別進行案例驗證、召開專家座談、比較分析與修正樣版。本案為第一年研究，Route B 部分僅進行到「Template 防火避難樣版」初版的建立與「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」；Route C 部分僅進行到比較分析與後續建議，作為推行以 BIM 輔助防火避難性能驗證之

初步整合，以利後續研究可依本研究的結果為參考依據。研究流程如下圖所示：

本案為第一年研究，Route B 部分僅進行到「Template 防火避難樣版」初版的建立，並撰寫「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」於附錄中；Route C 部分僅進行到比較分析與後續研究建議。作為推行以 BIM 輔助防火避難性能驗證之初步整合，以利後續研究可依本研究的結果為參考依據。

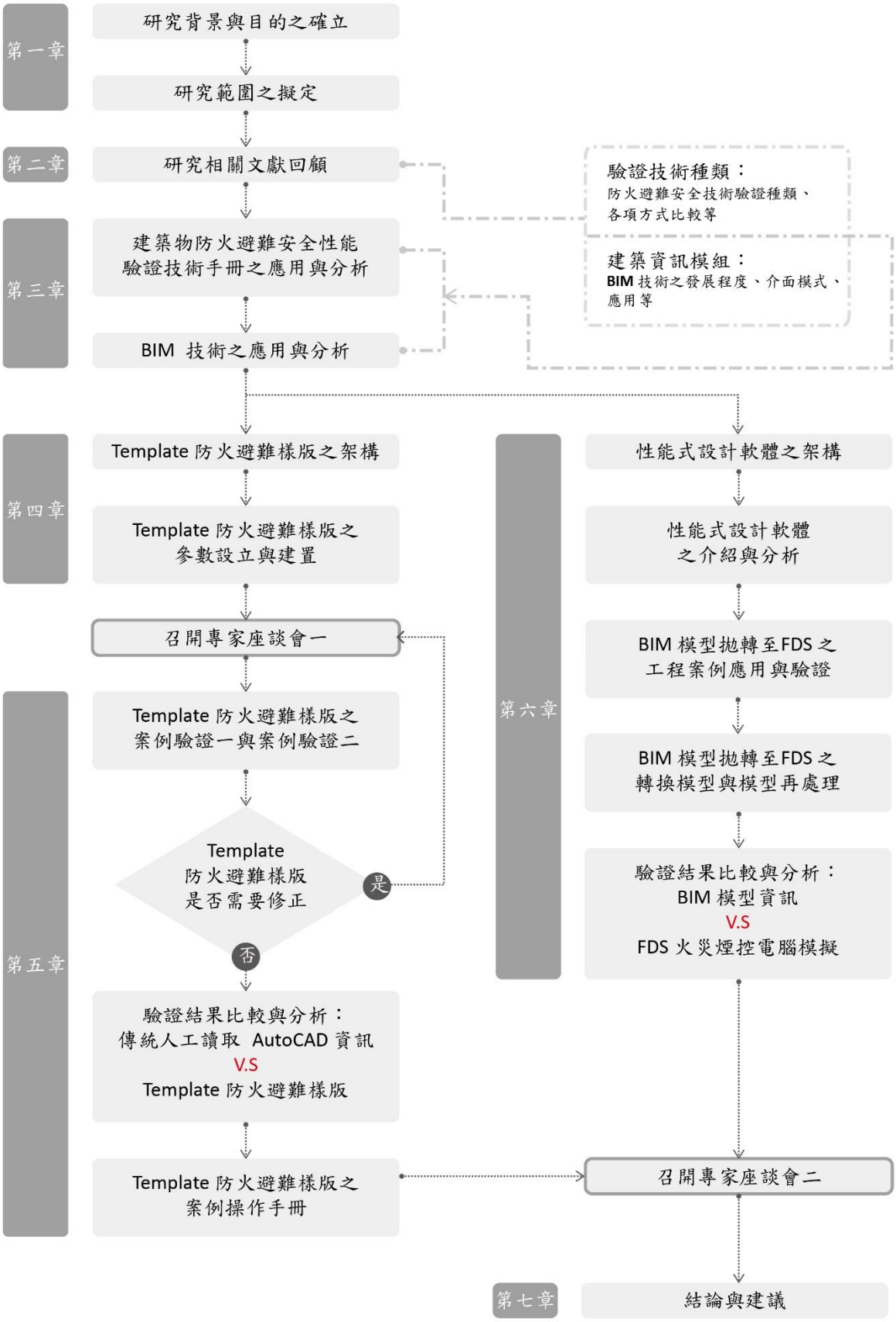


圖 1-2 研究流程圖（資料來源：本研究繪製）

第二章 文獻回顧

第一節 防火避難安全驗證

壹、 防火避難安全驗證技術種類

現今建築物在產業型態的改變下，高層化、集合化、大型化及多元複合化的建築物日益增多，世界各先進國家依據科學方法為基礎，進行避難安全工程的設計，為確保建築物內使用人員的安全，不受煙及火的危害，內政部建築研究所自民國 88 年起，開始進行建築物防火避難性能化之相關研究，目前財團法人台灣建築中心評定業務中將建築物防火避難安全驗證分為三種，分別為「法定規格式基準（Route A）」、「替代性方法（Route B）」、「性能式設計（Route C）」。

RouteA 依照建築技術規則等國內法規的規定方式設計，一般的建築物均應符合法規中建築技術規則第三、四、五、十一、十二章防火避難有關法規。Route B 以內政部建築研究所出版的「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」為驗證基準，主要分為三部分，分別為「居室避難安全性能驗證」、「樓層避難安全性能驗證」及「整棟避難安全性能驗證」，其中「簡易二層驗證法」主要著重於「居室避難安全性能驗證」，主要目的為發生火災時，避難人員從避難開始至結束之避難逃生時間；與居室、走廊到樓梯因火災造成的煙開始蓄積之煙層下降時間相較，是否可於此安全時間內完成避難行動。Route C 則是使用電腦進行「火災煙控電腦模擬」及「動態避難電腦分析」，如 FDS、Building EXODUS、Simulex 等，模擬火場之煙流與避難時間之情形。驗證技術種類如圖 2-1 所示。

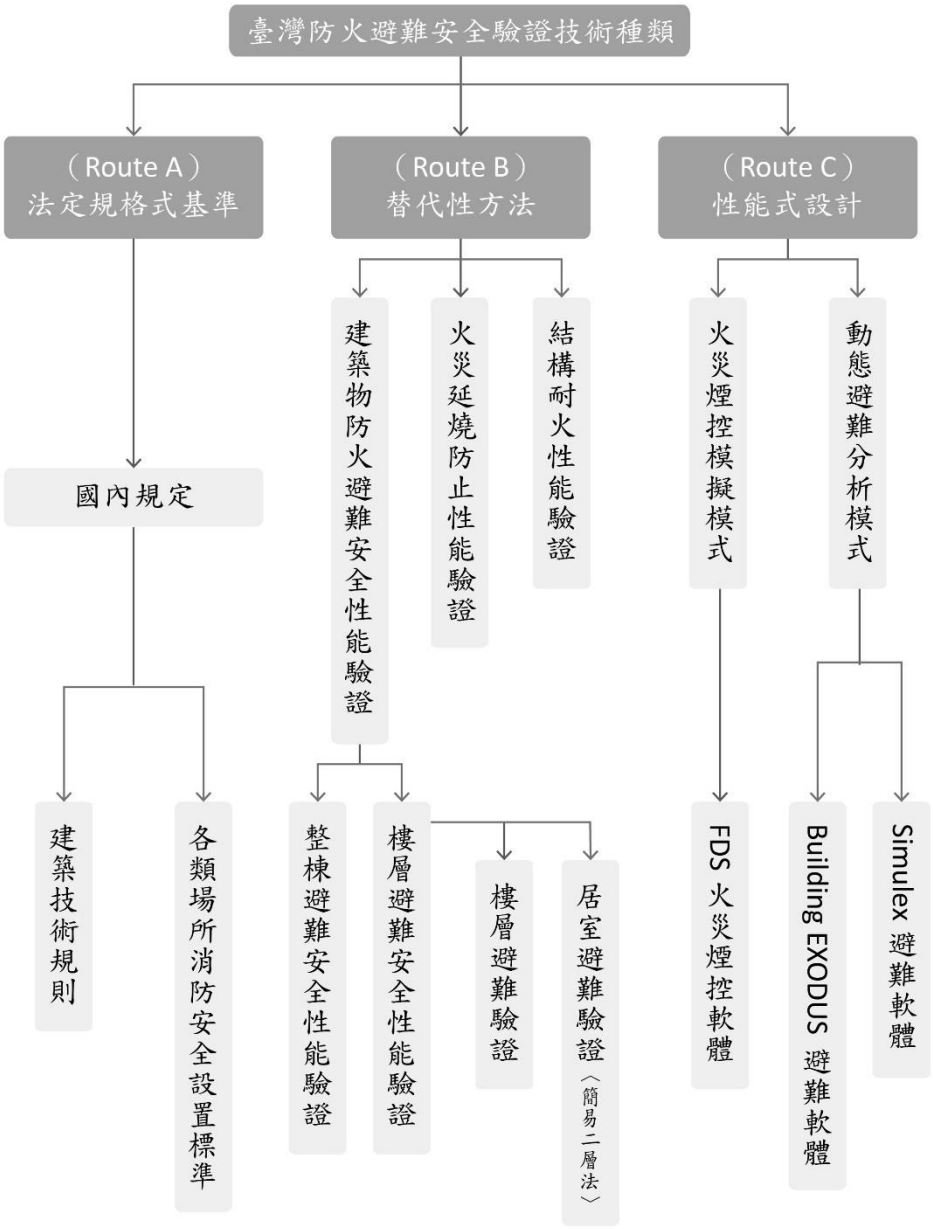


圖 2-1 臺灣防火避難安全驗證技術種類架構（資料來源：財團法人台灣建築中心）

貳、 臺灣法源法律

1. 法定規格式基準（Route A）

臺灣法定規格式（Route A），主要依照「建築技術規則」、「各類場所消防安全設備設置標準」、「消防法」及「消防法施行細則」，如表 2-1 所示。

表 2-1 法定規格式基準（Route A）依據

	建築技術規則	各類場所消防安全設備設置標準	消防法	消防法施行細則
法源法律	建築法 第九十七條	消防法 第六條第一項	消防署	消防法 第四十六條
性能設計	總則編 第三條及 第三條之四	全部	全部	全部
適用範圍	總則編 第三條之三	第十二條	全部	第十三條
防火法規	建築技術規則 設計施工編 第三、四、五、十一、十二章	全部	全部	全部

（資料來源：本研究整理）

2. 性能設計評估項目

目前國內自從民國 92 年建築技術規則第三章、第四章大幅修正，民國 93 年正式實施性能式設計法規以來，建築物安全避難更加嚴謹。但建築物安全避難還是依賴防火避難法規的組合關係，依據「建築技術規則」及「各類場所消防安全設備設置標準」的規定，對於新建住宅性能評估的防火避難安全類別，其性能設計的評估項目主要可分為三部分：(1)火災初期對應性能 (2)避難設施對應性能 (3)防止延燒對應性能。（資料來源：內政部營建署，103 年版建築技術規則/內政部營建署，102 年版各類場所消防安全設備設置標準/葉錫銘，新建中高層集合住宅防火避難性能驗證評估之探討）

(1) 火災初期對應性能

(a) 建築技術規則設計施工編：第 113 條、第 114 條、第 115 條。

(b) 建築技術規則建築設備編：第 64 條、第 65 條、第 66 條、第 67 條、第 68 條、第 76 條。

(c) 各類場所消防安全設備設置標準：第 19 條、第 20 條、第 92 條、第 113 條、第 114 條、第 115 條、第 116 條、第 118 條、第 119 條、第 120 條、第 121 條、第 122 條、第 125 條、第 126 條、第 129 條、第 131 條、第 133 條、第 134 條、第 136 條、第 138 條。

(2) 避難設施對應性能

(a) 建築技術規則設計施工編：第 70 條、第 79 條、第 79-2 條、第 79-4 條、第 93 條、第 95 條、第 96 條、第 97 條、第 98 條、第 100 條、第 102 條、第 104 條、第 105 條、第 106 條、第 107 條、第 108 條、第 109 條。

(b) 建築技術規則建築設備編：無。

(c) 各類場所消防安全設備設置標準：第 23 條、第 24 條、第 25 條、第 26 條、第 27 條、第 28 條、第 29 條、第 146 條、第 147 條、第 148 條、第 149 條、第 150 條、第 151 條、第 152 條、第 153 條、第 154 條、第 155 條、第 156 條、第 157 條、第 179 條、第 180 條、第 182 條、第 188 條、第 190 條、第 191 條。

(3) 防止延燒對應性能

(a) 建築技術規則設計施工編：第 70 條、第 79 條、第 79-3 條、第 79-4 條、第 86 條、第 89 條、第 110 條、第 110-1 條。

(b) 建築技術規則建築設備編：無。

(c) 各類場所消防安全設備設置標準：無。

3. 建築技術規則設計施工編

法源依據建築法第九十七條：有關建築規劃、設計、施工、構造、設備之建築技術規則，由中央主管建築機關定之，並應落實建構兩性平權環境之政策。建築技術規則設計施工編中第三章及第四章，有關於防火法規的重點說明如表 2-2 所示。

表 2-2 建築技術規則設計施工編

第三章　建築物之防火		
第三節　防火構造	第 69 條	建築物防火構造的限制（注意：工廠建築）
	第 70 條	主要構造之柱、樑、承重牆壁、樓地板及屋頂時效規定
	第 71 條	具三小時以上防火時效之樑、柱規定
	第 72 條	具二小時以上防火時效之牆壁、樑、柱、樓地板規定
	第 73 條	具一小時以上防火時效之牆壁、樑、柱、樓地板規定
	第 74 條	具半小時以上防火時效之非承重外牆、屋頂及樓梯
	第 75 條	防火設備種類
	第 76 條	防火門窗規定
第四節　防火區劃	第 79 條	防火構造建築物總樓地板面積
	第 79-1 條	無法區劃分隔部分限制
	第 79-2 條	防火構造建築物內之挑空部分、電扶梯間、安全梯之樓梯間、昇降機道、垂直貫穿樓板之管道間及其他類似部分區劃
	第 79-3 條	外牆為帷幕牆者，其牆面與樓地板交接處之構造留設距離
	第 79-4 條	防火構造物之外牆具有半小時以上防火時效
	第 80 條	非防火構造之建築物，其主要構造使用不燃材料建造的防火區劃
	第 81 條	非防火構造之建築物，其主要構造為木造等可燃材料建造的防火區劃
	第 82 條	非防火構造物非防火構造物無法區劃分格部份
	第 83 條	建築物自第十一層以上部分，樓地板、室內牆面、天花板面積防火區劃
	第 84 條	非防火構造之連棟式建築物，其建築面積超過三○○平方公尺且屋頂為木造等可燃材料建造之屋架建造
	第 84-1 條	非防火構造建築物之外牆及屋頂，應使用不燃材料建造或覆蓋
	第 85 條	貫穿防火區劃牆壁或樓地板之風管防火時效
	第 85-1 條	各種電氣、給排水、消防、空調等設備防火時效
	第 86 條	分戶牆及分間牆構造規定
	第 87 條	無窗戶居室者，區劃或分隔其居室之牆壁及門窗應以不燃材料建造
第五節　內部裝修限制	第 88 條	建築物之內部裝修材料之耐燃級數規定

（資料來源：本研究整理）

第四章　防火避難設施及消防設備

第一節　出入口、走廊、樓梯	第 89 條	防火避難設施適用範圍
	第 90 條	直通樓梯於避難層開向屋外出入口規定
	第 90-1 條	建築物於避難層開向屋外之出入口規定（建築物使用類組為Ａ－１、Ｂ－１、Ｂ－２、Ｄ－１、Ｄ－２組者）
	第 91 條	避難層以外之樓層，通達避難使用之走廊或直通樓梯間出入口規定
	第 92 條	走廊之設置寬度規定
	第 93 條	直通樓梯之設置至規定
	第 94 條	避難層自樓梯口至屋外出入口之步行距離不得超過前條規定
	第 95 條	八層以上之樓層及下列建築物，應自各該層設置二座以上之直通樓梯達避難層或地面
	第 96 條	設置之直通樓梯，其構造應改為室內或室外之安全梯或特別安全梯
	第 96-1 條	三樓以上五樓以下免受安全梯構造之規定
	第 97 條	室內安全梯、戶外安全梯及特別安全梯構造規定
	第 97-1 條	特別安全梯不得經由他座特別安全梯之排煙室或陽臺進入
	第 98 條	直通樓梯每一座之寬度規定
	第 99 條	建築物在五層以上之樓層供建築物使用類組Ａ－１、Ｂ－１及Ｂ－２組，設置有戶外安全梯或特別安全梯通達之屋頂避難平台規定
	第 99-1 條	使用樓層除避難層外，各區劃均應以走廊連接安全梯，或分別連接不同安全梯
第二節　排煙設備	第 100 條	建築物應設置排煙設備規定（樓梯間、昇降機間及其他類似部份，不在此限）
	第 101 條	排煙設備之構造
	第 102 條	緊急昇降機間及特別安全梯之進風排煙設備
第三節　緊急照明設備	第 104 條	緊急照明設備應設置緊急照明設備規定
	第 105 條	緊急照明之構造應依建築設備篇之規定
第四節　緊急用昇降機	第 106 條	緊急用昇降機之設置標準
	第 107 條	緊急用昇降機之構造（除本編第二章第十二節及建築設備編對昇降機有關機廂、機道、機械間安全裝置、結構計算等之規定外之規定）
第五節　緊急進口	第 108 條	建築物在二層以上，第十層以下之各樓層，應設置緊急進口
	第 109 條	緊急進口之構造
第六節　防火隔間	第 110 條	防火構造建築物，除基地鄰接寬度六公尺以上之道路或深度六公尺以上之永久性空地側外之防火間隔規定

參、 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊）

1. 依據與目的

「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」係依據「建築技術規則」總則編第三條及第三條之四所稱「建築物防火避難安全性能設計計劃書」中避難計劃之避難安全性能驗證規定，旨在明其避難安全性能設計與驗證方法，全名為「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」，以下簡稱本手冊。

隨著火災工學的發展，避難行為及火災發展模式已開始被合理的量化評估，因而避難安全的設計開始朝評估建築物避難安全性能方向設計，以確保人員在遭受火煙侵襲前可以完成避難行動，這樣的設計理念就是避難安全性能設計法規化之起源本手冊採國際火災工學相關學術及規範準則資料分析避難人員能承受之煙層下降高度推算出避難容許時間，然後再以調查歸類所得之收容人員密度、步行速度、出口流量、居室面積、步行距離、出口寬度等資料，依所建立之驗算公式推估避難完成所需之時間後，再與避難容許時間比對，確認避難是否符合安全。世界各先進國家依據科學為基礎的防火工程進行避難安全工程設計，以突破傳統的規格式設計，建立一個可以將火災與風險探以量化分析，並利用評估分析方法驗證是否可以達到法定安全值的性能規範。我國也在93年起藉「建築技術規則」總則編第三條及相關條文之增訂，開始實施性能式設計法之防火避難安全計畫審查新制。求及追求安全投資之經濟效益，以推動我國建築避難安全設計走向性能式法規，同其目的為因應世界建築防火工程科技發展之潮流，並解決特殊建築物建構之需時以國內的需求為基礎，建立一個合理可行的法規規範，並與國際調和，實為我剛發展避難安全性法規之主要方向。

2. 適用範圍

本手冊之適用範圍，不包含C類（工業、倉儲類）、F類（衛生、福利、更生類）及Ⅰ類（危險物品類）場所，下列情形為之建築物為適用範圍：

表 2-3 建築物防火避難安全性能驗證法適用範圍

類別		類別定義	空間名稱
A 類	公共集會類	供集會、觀賞、社交，後運輸工具，且無法防火區劃之場所。	戲（劇）院、 電影院、演藝廳、車站、航空站、候船室等空間。
B 類	商業類	供商業交易、陳列展售、娛樂、餐飲、消費之場所。	夜總會、酒家、理容院、ＫＴＶ、ＭＴＶ、公共浴室、百貨公司、商場、市場、量販店、餐廳、旅館、觀光飯店等空間。
D 類	休閒、文教類	供運動、休閒、參觀、閱覽、教學之場所。	保齡球館、溜冰場、會議廳、展示廳、博物館、美術館、圖書館、各級學校教室等空間。
E 類	宗教、殯葬類	供宗教信徒聚會殯葬之場所。	寺、廟、教 堂、宗祠等空間。
G 類	辦公、服務類	供商談、接洽、處理一般 事務或一般門診、零售、日常服務之場所。	金融機構、證券交易所、政府機關、一般辦公室、事務所、一般診所、衛生所、店舖等空間。
H 類	住宿類	供特定人住宿之場所。	寄宿舍、招待所、住宅、集合住宅等空間。

備註：

1. G-3 類醫院、醫療院等類似場所不適用本手冊驗證方法。
2. H-1 類護理之家機構、產後護理機構、老人福利機構之長期照顧機構（長期照護型）、長期照顧機構（失智照顧型）、身心障礙福利服務中心等類似場所不適用本手冊驗證方法。

參酌「建築技術規則」總則編第 3 條之 3 之分類。參酌「建築物使用類別及變更使用辦法」之使用項目舉例，G-3 類包含設置病床未達十床之醫院，療養院等類似場所，樓地板面積未達一千平方公尺之診所：H-1 類包含樓地板面積未達五百平方公尺之民宿、招待所、護理之家機構、產後護理機構、老人福利機構之長期照顧機構（長期照護型）、長期照顧機構（失智照顧型）、身心障礙福利服務中心等類似場所，均不適用本手冊驗證方法

3. 建築物防火避難安全性能驗證法之限制條件

本手冊並非適用於任何空間特性之建築物，目前在執行上仍有其限制條件，其限制條件如下所列：

(1) 建築物必須為防火構造建築物。

(2) 不適用於無法自力完成避難行動人員之場所。

(3) 本驗證法是在以下火災模式進行之：

(a) 火災進行之假設限定發生於起火居室內，指起火到擴大延燒初期火災。

(b) t^2 − fire growth model。

(c) Zone model。

(4) 每一防煙區劃面積 $\leqq 1500\ (m^2)$。

(5) 花板高度限制 $<20\ (m)$。

(6) 除排煙相關設施外，不考量其他滅火設備動作之影響。

(7) 進行住宅類（H-2）驗證時、須提供內部隔間平面圖，毛胚屋仍須提供內部隔間參考平面圖。

4. 避難安全性能的定義

建築物所需避難安全性能，依驗證對象之不同，而區分為「樓層避難安全性能」及「整棟避難安全性能」二種。

「樓層避難安全性能」係以建築物之單一樓層為對象。自該樓層之任一居室發生火災，位於該樓層之所有避難人員從開始避難至避難完成為止，各居室及從各居室通往直通樓梯之走廊等設施，需能保持侵入該空間之火災所產生之煙或氣體不會下降到造成避難障礙之高度。

「整棟避難安全性能」係以整棟建築物為對象。建築物內任一居室發生火災位於該棟建築物內所有避難人員從開始避難至避難完成為止，各居室及從各居室通往直通樓梯之走廊等設施，需能保持火災所產生之煙或氣體不會下降到造成避難障礙之高度與蔓延至直通樓梯間之性能表現。

5. 避難安全性能驗證法

避難安全性能驗證法區分為「樓層避難安全性能」及「整棟避難安全性能」兩種。

6. 避難安全性能驗證法之運用

本手冊提供建築物避難安全性能驗證法之對象包括居室、樓層及整棟建築物避雖安全評估之計算方式及相關規定，並可直接針對欲驗證之樓層部分，進行自居室至直通樓梯止之避難安全驗證工作。

居室及樓層之避難安全性能驗證為建築之其中任一居室或樓層發生火災，該樓層之避難人員從避難開始至避難結束之避難逃生時間，與居室到走廊、樓梯因火災造成煙層下降之危險時間，驗證是否可於安全時間內完成避難行動。

整棟建築物之避難安全性能驗證，則為其中一居室發生火災時，建築物內全部避難人員完成避難時間是否低於煙流入樓梯時間之避難安全驗算。

對於符合建築防火法規之避難通道及樓梯部分（具充分抗火防煙能力者），因直接運算整棟建築物之人員避難安全並驗證之，所需數據及運算資料必然龐大，故可直接針對不適法或欲驗證之樓層部分，進行自居室至直通樓梯為止之避難安全驗證工作。至於欲驗證整棟建物之安全，則是煙未進入樓梯前，避難人員已全數通過避難層出口。

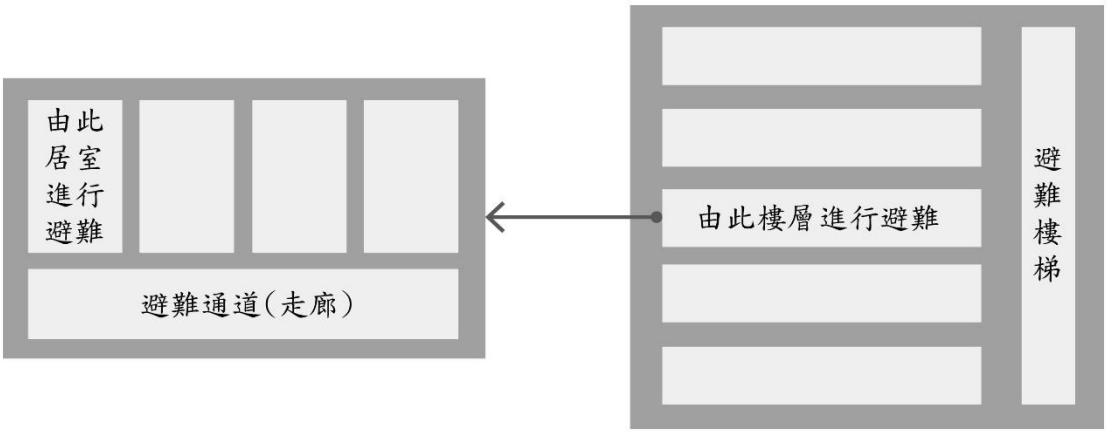


圖 2-2 避難安全性能驗證法之構成

7. 可排除法規之項目

依據「建築物防火避難性能設計計畫書申請認可要點」，如運用避難安全性能驗證法確認具有避難安全性能者，得不受建築防火法規部分內容之規範。排除法規項目依據表 2-4 所示。

表 2-4 內的條文規定經樓層避難安全性能驗證通過後，得排除之，但若該樓層濃煙有可能侵入樓梯間或其他樓層時，仍需進行整棟避難安全性能驗證通

過後，才得以排除。

表 2-4 應進行避難安全性能驗證之方式

項目	條文	項	規定概要	應進行之驗證方式	
				樓層避難性能驗證	整棟避難性能驗證
建築構造	70		防火構造建築物主要構造部分之防火時效	—	○
防火區劃	79		防火構造建築物之防火區劃	—	○
	79-2	1	防火構造建築物之垂直區劃	—	○
	83	1 款	11 樓以上的防火區劃	—	○
內裝限制	88		建築物之內部裝修材料	○	—
避難設施	90		直通樓梯開向屋外出入口	—	○
	90-1		避難層開向屋外出入口寬度	—	○
	91		避難層以外樓層出入口寬度	○	—
	92		走廊寬度	○	—
	93	2 款	到達直通樓梯之步行距離	○	—
	94		避難層步行距離	—	○
	98		直通樓梯總寬度	—	○
排煙設備	100		排煙設備之設置	○	—
	101		排煙設備之構造	○	—

○：需進行驗證　　—：不需進行驗證

註 1：欲排除「建築技術規則」第 70 條之規定，除應進行整棟避難安全性能驗證外，應一併驗證建築物構造耐火性能後，才得以排除。

註 2：欲排除防火區劃面積之條文規定，除應進行整棟避難安全性能驗證外，應一併驗證火災延燒防止性能後，才得以排除。

避難安全性能法規規定在於檢驗避難人員的逃生安全，以日本為例，其避難安全性能驗證可分為樓層避難安全性能驗證及整棟建築物避難安全性能驗證，經驗證符合法令要求性能者，其在避難設施、排煙設備、內部裝修材料及防火區劃可一部分或全部不受到規格式法規內容之限制。

我國建築技術規則第三條及第三條之四亦規定其適用範圍內之建築物，採行性能式設計法進行防火避難安全性能設計時，經提具建築物防火避難安全性能設計計畫書，送中央主管建築機關認可者，得不適用建築技術規則有關防火避難的一部分或全部之規定。

前巷建築物防火避難安全性能設計計畫書，應依表 2-4 所列各類用靈建築物之避前項建築物防火避難安全難人員數檢討必需之防火避難安全設施，達到本規則各條文同等以上安全性能。

能獲得樓層避難安全性能之驗證，有關至直通樓梯之步行距離、走廊寬度、排煙設備構造及內部裝修限制之規定，可被部分排除適法性；但如因不適用於樓層及區劃之相關規定，則需進行整棟避難安全性能驗證。

但是，有關消防搶救活動之確保，由於即使根據各避難安全性能驗證法也不能完全確保其性能的相關規定，便不能排除其適用性。

肆、 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊計算流程架構及建築物避難歷時概念（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊）

1. 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊計算流程架構

「替代性方法（Route B）」中，「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」主要分為三個部分進行避難安全性能驗證，分別為「居室避難安全性能驗證」、「樓層避難安全性能驗證」及「整棟避難安全性能驗證」，其架構概念如下圖 2-3 所示。

其中，「居室避難安全性能驗證」、「樓層避難安全性能驗證」及「整棟避難安全性能驗證」中，均包含「避難所需時間t_{escape}」及「煙層下降時間t_s」兩部分的計算；當$t_{escape} \leqq t_s$時，則上述三者個別的避難安全性能驗證判定結果均為「安全」；反之，為「不安全」。（「居室避難安全性能驗證」、

「樓層避難安全性能驗證」及「整棟避難安全性能驗證」三部分中之避難所需時間t_{escape}，均包含「開始避難時間t_{start}」、「步行時間t_{travel}」「通過出口時間t_{queue}」等三部分時間的加總。）

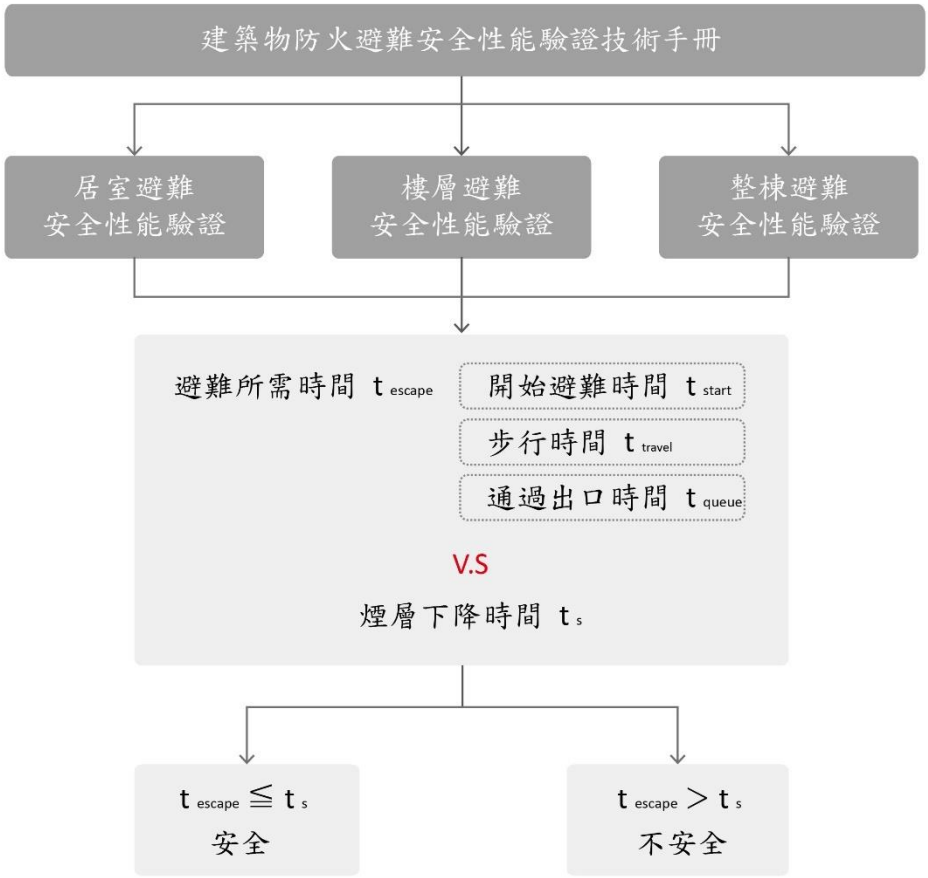


圖 2-3 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊計算流程架構

2. 建築物避難歷時概念

建築物避難歷時概念建築物避難歷時概念如圖 2-4 所示。當火災發生時，建築物避難歷時「起火」、「發現火災」、「避難開始」、「避難結束」及「煙或氣體下降至避難障礙高度」；其中，從「起火」到「煙或氣體下降至避難障礙高度」為「人體開始遭受危害時間」；從「避難開始」到「避難結束」為「步行至安全據點時間及通過出口所需時間」。

在「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」中，主要分為「居室避難安全性能驗證」，「樓層避難安全性能驗證」及「整棟避難安全性能驗證」，其

中三部分均包含「避難所需時間t_{escape}」及「煙層下降時間 t_s」兩部分的計算。從「起火」到「避難結束」為「避難所需時間t_{escape}」，包含「開始避難時間t_{start}」、「步行時間t_{travel}」「通過出口時間t_{queue}」等三部分時間之加總計算；從「起火」到「煙或氣體下降至避難障礙高度」為「煙層下降時間 t_s」；從「避難結束」到「煙或氣體下降至避難障礙高度」之間隔為「避難餘裕時間」，主要為「煙層下降時間 t_s」與「避難所需時間t_{escape}」之差值，為提供額外避難所需之時間。

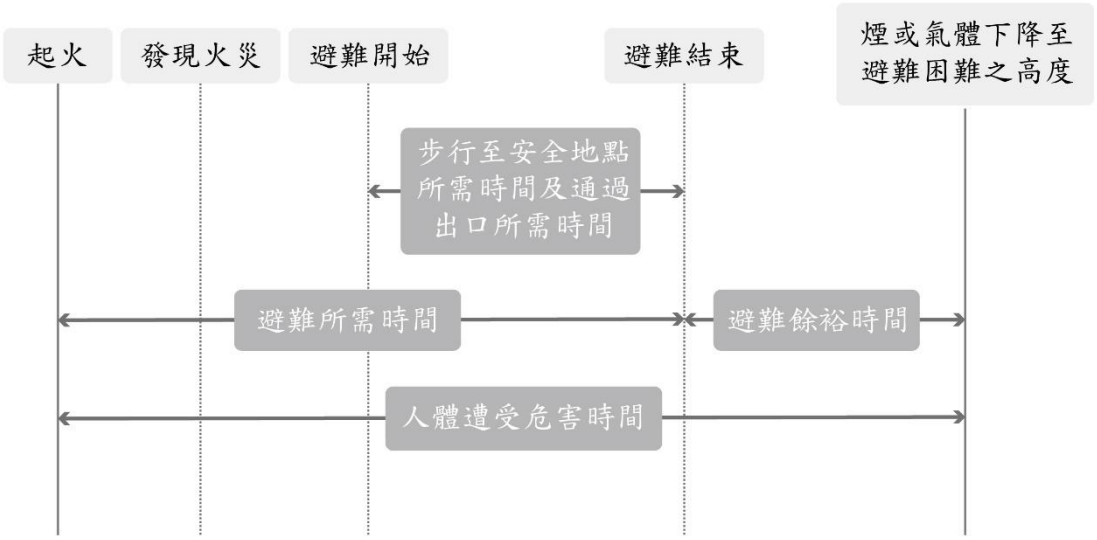


圖 2-4 建築物避難歷時概念

伍、 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊-居室避難安全性能驗證法

（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊）

1. 通則

針對每個可能起火的居室，假設在火災發生之情況下，確認居室人員是否可以安全的避難至居室外部。

居室避難安全性能驗證法如圖 2-5，具體言之，先要計算居室人員避難至居室外部所需之時間，次而計算煙層下降至造成避難障礙之高度，所形成的煙層下降時間，最後再確認完成居室避難所需之時間是否超過煙層下降時間。

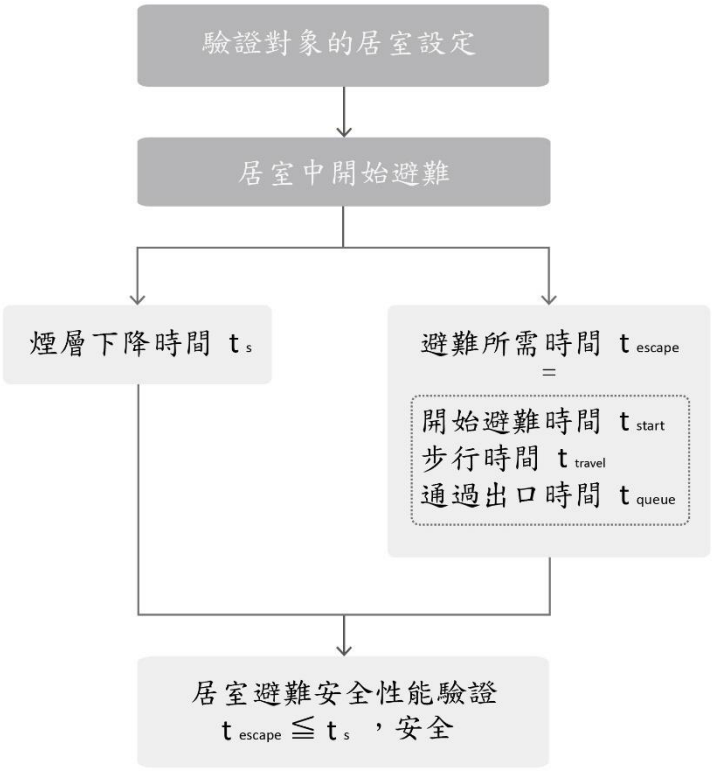


圖 2-5 居室避難安全性能驗證法

2. 設計火源大小

$$Q=\alpha (t-t_0)^2 \quad (2.1)$$

$$Q=(t/t_g)^2 \quad (2.2)$$

其中

Q ：燃燒成長期熱釋放率（KW）

t ：時間（sec）

t_0 ：起火時間（sec），通常設定為 0

t_g ：熱釋放率達 1MW 之特性時間（sec）

α ：成長係數（KW/s^2）

設計火源之決定乃據以想定該空間發生火災時之情境，並藉由對火災情境之模擬提供消防安全工程設計規劃上之參考。研究火災工學者知道整個火災境

況可由燃燒熱釋放率(heat release rate)推導出來，故設計火源大小之取決，便是要找出最符合真實火災之熱釋放率。

探討避難容許時間火源，應以閃燃前期火源為主，閃燃前的火源，如圖 1-1 中的火源成長期。1972 年 Heskestad 提出由實驗值發現火源成長期中，火源隨時間釋放的熱值與時間的冪次方成正比，所假設的火源熱釋放率如下列方程式所示：

$$Q=\alpha t^{n} \qquad (2.3)$$

其中

Q：為熱釋放率（kW）

t ：點燃時間（sec）

α：火源成長係數（kW/s^2）

n ：1、2、3

由於大多數的燃燒火源（除了可燃液體和其他物質外）其熱釋放率隨時間變化的關係，可利用理想化的拋物線方程式來表示，也就是將公式（2.3）中的 n 值取 2，並且加入不同火源成長時間的觀念成為公式（2.1）所示，此式被通稱為 t-squared fires，被廣泛使用於火源成長模式，同時透過火源成長時間 t_g 的定義：有效燃燒成長至 1055KW（1000 BTU/s）所需時間，可將 t-squared 的火源區分成極快速（Ultra-Fast）、快速（Fast）、普通（Medium）及緩慢（Slow）四種成長曲線如圖 2-6 所示，各種模式的火源成長係數和成長時間如表 2-5 所示。

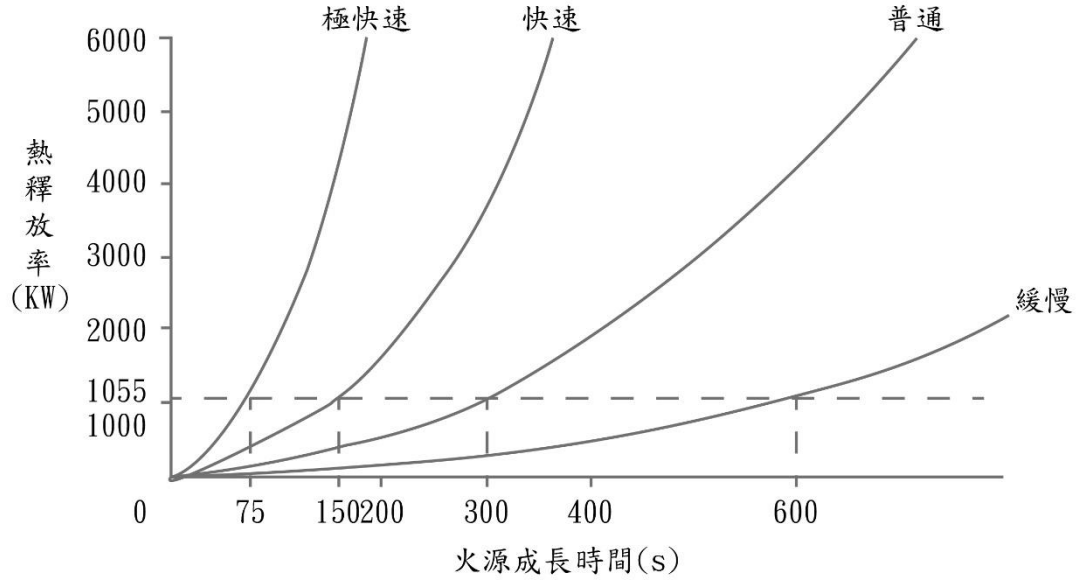


圖 2-6 火源成長時間(s)

表 2-5 火源成長模式係數

	成長係數	**成長時間**
t-squared fires	α（KW/s^2）	t_g（sec）
緩慢（Slow）	0.002931	600
普通（Medium）	0.1172	300
快速（Fast）	0.04689	150
極快速（Ultra-Fast）	0.1876	75

3. 居室避難開始時間

從火災發生至開始避難行動，這階段是包含火災從發生至火災警報動作之覺知時間，及從覺知時間至開始反應進行避難行動這兩部分。

火災覺知時間，一般是依據火災特性計算，也就是依其所產生之煙層蓄積於天花板上方，造成火警警報設備動作之時間。這部分可應用火災工學計算，但由於其計算過程相當複雜，無法簡易應用，因此改從案例經驗推導公式，而推導出公式（2.4）避難開始時間與居室樓地板面積之關係式。

$$t_{start} = \frac{2\sqrt{\sum A_{area}}}{60} = t_{start} = \frac{\sqrt{\sum A_{area}}}{30} \quad (2.4)$$

4. 到達居室出口之步行時間

到達居室出口所需之步行時間，為避難逃生路徑之步行距離除以步行速度所得之時間。

$$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right) \quad (2.5)$$

5. 步行距離

(1) 單一出口之居室

從該居室任一位置到該居室之單一出口最遠距離為 l_i，則確認所經避難路徑之最遠距離後，就可得知到達該出口之最大步行時間。

(2) 複數出口之居室

該場所居室具有多個出口時，假設該居室人員從其所在位置到達最近出口之最遠避難路徑的步行距離為 l_i，從此最遠步行距離中計算最長步行時間。

6. 步行速度

建築物之居室使用用途別依避難人員步行特性可分為：1. 戲院類；2.百貨公司、展示場等及集合住宅、飯店、旅館等（醫院除外）；3. 學校、辦公室等，三種類別；4. 特殊空間。

依據不同的建築物居室使用用途別，用途特徵及避難方向之步行速度依表 2-6 所示。其他可供參考引用步行速度之類似場所用途範例依表 2-7 所示。

步行速度是受到避難人員的行為能力、人群的密度狀態及移動的空間狀況等條件所影響。表 2-6 其中 1.及 2.之用途為一般人員所使用，所以步行速度相同，3.為對環境熟悉人員使用，可以預期其行動能力高，所以步行速度較 1.、2.快。其次，建築物用途特徵可分為高密度之座位部分、樓梯部分及其他以外之部分（如走廊等水平部分）這三類，其中樓梯部分之步行速度較水平部分慢，

而樓梯往上的速度又比樓梯往下的速度慢，但是第 1.劇場等用途，其座席部分因人口密度較通道等其他場所之密度高，因此其步行速度為其他通道等場所之一半。

表 2-6 步行速度

建築物之居室使用用途別		用途特徵	避難方向	步行速度
1.戲院等其他類似用途之場所		樓梯	上行	27
			下行	36
		座位席部分	-	30
		樓梯及座位席以外之部分	-	60
2.百貨公司、展示場等其他類似用途及集合住宅、旅館、飯店等其他類似用途之場所（醫院、療養院、兒童照顧中心等場所除外）		樓梯	上行	27
			下行	36
		樓梯以外之建築物其他部分	-	60
3.學校、辦公室等其他類似用途之場所		樓梯	上行	35
			下行	47
		樓梯以外之建築物其他部分	-	78
4.特殊空間	更衣室、試衣間	該空間人員無法及時避難，因此避難開始時間延遲 30 秒	-	54
	大賣場	使用購物車之場所	-	42
	游泳池	水深及腰之池內空間	-	18
	地面濕滑場所	水池（例：游泳池）周邊地面濕滑之場所	-	48

表 2-7 可參考引用步行速度得類似場所用途範例

建築物居室用途	**用途的特徵**	**其他類似用途範例**
劇院等其他類似用途	使用人為不特定多數人	電影院、演藝廳、展覽場、禮堂、集會堂、宴會廳
上述座席部分	高密度人員滯留	上述之座席部分
百貨公司、展示場等其他類似用途	使用人為不特定多數人	市場、飲食店、餐廳、酒店、咖啡店、夜總會、酒吧、舞廳 圖書館、美術館、博物館 遊藝場、保齡球館、溜冰場、游泳池、滑雪場、高爾夫球場、撞球場 公共浴室 寺廟、宗祠、教堂 電影攝影場、電視播送場
集合住宅、旅館等其他類似用途	使用人為不特定多數人，且為保持睡眠狀態	旅館、民宿、季宿舍
（排除適用場所）醫院、療養院及兒童福利措施	自力避難有困難者	養護機構、身體殘障者復健療養中心、啟明學校 老人服務機構、療養院
學校、**辦公室等其他用途**	使用人員為特定且熟悉環境之人	學校的體育館
更衣室、試衣間	使用人為不特定多數人	大型賣場更衣室
大賣場	使用人為不特定多數人，且使用手推車之場所	使用購物車之賣場
游泳池	使用人為不特定多數人	
地面濕滑常所	使用人為不特定多數人	水池（例：游泳池）周邊或其他地面濕滑之場所

7. 通過居室出口所需時間

全部人員通過出口時會造成出口前方的滯留，因此欲使人員全部通過出口，則解除滯留之時間即為通過出口所需之時間。依下列公式計算：

$$t_{queue} = \frac{\sum pA_{area}}{\sum N_{eff}B_{eff}} \quad (2.6)$$

其中

t_{queue}：該居室人員通過出口所需之時間（分）

p：收容人員密度（人/m^2）

A_{area}：該居室等各部分之樓地板面積（m^2）

N_{eff}：有效流動係數（人/m 分）

B_{eff}：有效出口寬度（m）

8. 居室總人數之計算ΣA_{area}

本手冊居室的總人數是依法規明定之居室用途人員收容密度乘以居室樓地板面積所得之值，有關複數居室之總人數計算是指必須經過該居室主要出口才能避難之各居室人數總和。

至於各居室用途之收容人員密度數居依表 2-8 所列規定

表 2-8 有關居室收容人員密度

類別	組別	收容人員密度
A	A-1 集會表演	1. 有固定席位者： 固定席位部分：以實際席位數計 站席部分：2.00（人/m^2） 2. 無固定席位者： 座椅形式：1.45（人/m^2） 桌椅形式：0.75（人/m^2） 站席：2.00（人/m^2） 3. 舞台：0.75（人/m^2）
	A-2 運輸場所	1. 大廳、候機（車）室及月台： 有座椅部分：1.45（人/m^2）

		無座椅部分：2.00（人/m^2） 2. 行政辦公區：0.30（人/m^2） 3. 其他附屬設施：依實際用途比照其他類組
B	B-1 娛樂場所	1. 夜總會、舞廳： 舞台：0.75（人/m^2） 舞池：2.00（人/m^2） 休息區：0.75（人/m^2） 2. 酒家：1.00（人/m^2） 3. 公共浴室：1.00（人/m^2）
	B-2 商場百貨	1. 商場、市場： 有購物車：0.55（人/m^2） 無購物車：0.75（人/m^2） 2. 百貨公司：1.00（人/m^2） 3. 拍賣會場：1.50（人/m^2） 4. 吸菸室*：0.125（人/m^2） 5. 展覽館*：1.00（人/m^2）
	B-3 餐飲場所	1. 餐廳：0.75（人/m^2） 2. 廚房*：0.125（人/m^2）
	B-4 旅館	1. 客房區：住房人數 x1.1 2. 餐廳：0.75（人/m^2） 3. 廚房*：0.125（人/m^2） 4. 宴會廳：1.00（人/m^2） 5. 會議廳：通 A-1 組
C	C-1 特殊廠庫*	（此類組手冊不適用）
	C-2 一般廠庫*	
D	D-1 健身休閒	1. 體育館：同 A-1 組 2. 室內游泳池： 游泳池/更衣室：0.30（人/m^2） 休息區：0.75（人/m^2） 3. 健身房*：0.50（人/m^2

		4. 保齡球場：除球道部分之外：0.75（人/m^2） 5. 溜冰場： 溜冰區：0.25（人/m^2） 休息區：0.75（人/m^2） 6. 遊藝場：1.00（人/m^2）
	D-2 文教設施	1. 圖書館： 閱覽區：0.40（人/m^2） 書架區：0.15（人/m^2） 辦公區：0.30（人/m^2） 2. 其他使用項目：0.50（人/m^2） 3. 廚房*：0.125（人/m^2）
	D-3 國小校舍	1. 小學教室：0.50（人/m^2） 2. 集會場所：同 A-1 組 3. 電腦室/研究室：0.40（人/m^2） 4. 實驗室：依實際狀況 5. 餐廳：0.75（人/m^2） 6. 廚房*：0.125（人/m^2） 7. 行政辦公區：0.30（人/m^2）
	D-4 校舍	1. 大學教室：0.80（人/m^2） 2. 中學教堂：0.70（人/m^2） 3. 集會場所：同 A-1 組 4. 電腦室/研究室：0.40（人/m^2） 5. 實驗室：依實際狀況 6. 餐廳：0.75（人/m^2） 7. 廚房*：0.125（人/m^2） 8. 行政辦公區：0.30（人/m^2）
	D-5 補教托育	1.00（人/m^2）
E	E 宗教、殯葬類	1. 集會堂部分：同 A-1 組 2. 其他附屬設施：依實際狀況
F	F-1 醫療照顧*	（此類組手冊不適用）

	F-2 社會福利*	
	F-3 兒童福利*	
	F-4 戒護場所*	
G	G-1 金融證券	1. 營業廳：0.70（人/m^2） 2. 其他：同 G-2 組
	G-2 辦公場所	1. 辦公區：0.30（人/m^2） 2. 會議室：0.60（人/m^2） 3. 會議廳：同 A-1 組 4. 休息室（貴賓室等）*：0.50（人/m^2） 5. 餐廳：0.75（人/m^2） 6. 廚房*：0.125（人/m^2） 7. 吸菸室*：0.125（人/m^2）
	G-3 店鋪診所	1. 店鋪：0.50（人/m^2） 2. 餐飲：0.75（人/m^2） 3. 診所：0.30（人/m^2）
H	H-1 宿舍安養	1. 寄宿舍：0.40（人/m^2） 2. 安養院、安養（收容）中心：0.25（人/m^2）
	H-2 住宅*	0.06（人/m^2）
I	I 危險廠庫*	（此類組手冊不適用）

9. 有效流動係數N_{eff}

群流流動係數是指單位時間單位寬度之通過人數，此流動係數之大小是受到出口前方（以下簡稱避難必經路徑等部分）可收容人數之多寡所影響，其計算依表 2-9 所示。

當該居室出口寬度低於 60cm 時，其有效流動係數N_{eff}=0。

表 2-9 有效流動係數

避難路徑等部分	避難路徑等處可收容的人數	有效流動係數
該居室的出口直接通往地面時		N_{eff}=90
其他場合（非直接通往地面之出口）	$\Sigma\frac{A_{co}}{a_n} \geqq \Sigma pA_{load}$時	N_{eff}=90
	$\Sigma\frac{A_{co}}{a_n} < \Sigma pA_{load}$時	$N_{eff}=\max\frac{80B_{neck}\Sigma\frac{A_{co}}{a_n}}{B_{room}\Sigma pA_{load}}$ ，$\frac{80B_{neck}}{B_{load}}$

$\boldsymbol{N_{eff}}$：有效流動係數（人/m 分）

$\boldsymbol{A_{co}}$：該避難路徑等個部份的樓地板面積（m^2）

$\boldsymbol{a_n}$：按照避難途徑等部分要求的法定密度（m^2/人）

$\boldsymbol{p}$：居室內人員密度（人/m^2）

$\boldsymbol{A_{load}}$：需經過避難路徑等處才能避難的個建築物樓地板面積（m^2）

$\boldsymbol{B_{neck}}$：該居室的出口寬度或是避難路徑等出口（僅限於直達樓梯或是通往地面者）寬度中任何一項較小值者（m）

$\boldsymbol{B_{room}}$：該居室的出口寬度（m）

$\boldsymbol{B_{load}}$：需經過必看途徑等處始能避難的個建築物部分的出口總寬度（m）

群流有效流動係數是考量從居室到走廊之移動是否產生障礙，也就是受到居室出口外部之走廊等避難必經路徑可容納人數之多寡所影響，但是走廊等避難必經路徑可容納人員之面積如果非常大，則不會受阻回流限制出口通過的人數，若其面積非常小，則其出口流量係數就會變小。

10. 有效出口寬度B_{eff}

本手冊採取該居室最不利於逃生之位置為起火點，使起火點接近出口，而無法逃生，故假設其中最寬的出口為起火點，火災的發生會影響避難人員使用出口的寬度，依公式（2.10）、公式（2.11）決定其有效出口寬度。

但除其火點之出口外，其他出口則不受火災影響，其有效出口寬度則為其實際出口寬度。

當符合 $t_{reach} \leqq 0.14\sqrt{\alpha f + \alpha m}$ 時　　（2.10）

則可按其出口寬度$B_{eff} = B_{room}$

若再無法符合公式（2.10）之情況下，即 $t_{reach} > 0.14\sqrt{\alpha f + \alpha m}$ 時

則須依據公式（2.11）求其有效出口寬度

B_{eff}=max $\{ B_{room}$-7.2$\sqrt{\alpha f + \alpha m}\, t_{reach}$+1,0 $\}$　　（2.11）

其中

B_{eff}：有效出口寬度（m）

B_{room}：該居室之出口寬度（m）

α_f：該居室堆積物可燃物每 1m^2 的發熱量（堆積可燃物之火災成長率）

α_m：該居室內部裝修材料依材質不同而有不同的設定值（內部裝修材料之火災成長率）

t_{reach}：居室內部人員抵達出口所需之時間

11. 堆積可燃物每 1 平方公尺的發射量（q_1），如下表所示

表 2-10 堆積可燃物每 1 平方公尺的發射量（q_1）

類別	組別	堆積可燃物發熱量
A	A-1 集會表演	1. 有固定席位者：400（MJ/m^2） 2. 無固定席位者：480（MJ/m^2） 3. 舞台：240（MJ/m^2） 4. 儲藏室：960（MJ/m^2）
	A-2 運輸場所	1. 大廳、候機（車）室及月台： 2. 有座椅部分：400（MJ/m^2） 3. 無座椅部分：80（MJ/m^2） 4. 行政辦公區：560（MJ/m^2） 5. 其他附屬設施：依實際用途比照其他類組
B	B-1 娛樂場所	1. 夜總會、舞廳： 2. 舞台：240（MJ/m^2） 3. 舞池：480（MJ/m^2） 4. 休息區：240（MJ/m^2）

		5. 公共浴室、三溫暖：240（MJ/m^2） 6. 吸菸室：160（MJ/m^2）
	B-2 商場百貨	1. 家具或書籍等賣場：960（MJ/m^2） 2. 其他：480（MJ/m^2） 3. 倉庫：2000（MJ/m^2）
	B-3 餐飲場所	1. 餐廳、廚房：480（MJ/m^2）
	B-4 旅館	1. 客房區：240（MJ/m^2） 2. 餐廳、廚房：480（MJ/m^2） 3. 宴會廳：480（MJ/m^2） 4. 備餐室：240（MJ/m^2） 5. 會議廳：400（MJ/m^2） 6. 貴賓室：240（MJ/m^2） 7. 休息室：240（MJ/m^2） 8. 寄物室：960（MJ/m^2）
C	C-1 特殊廠庫*	（此類組手冊不適用）
	C-2 一般廠庫*	
D	D-1 健身休閒	1. 體育館：同 A-1 組 2. 室內游泳池： 游泳池：80（MJ/m^2） 更衣室：240（MJ/m^2） 休息區：240（MJ/m^2） 健身房：240（MJ/m^2）
	D-2 文教設施	1. 預覽室：240（MJ/m^2） 2. 書架室：960（MJ/m^2） 3. 辦公區：560（MJ/m^2）
	D-3 國小校舍	1. 小學教室：400（MJ/m^2） 2. 集會場所：同 A-1 組 3. 電腦室/研究室：400（MJ/m^2） 4. 餐廳、廚房：480（MJ/m^2） 5. 行政辦公區：560（MJ/m^2）

	D-4 校舍	1. 大學教室：400（MJ/m^2） 2. 中學教堂：400（MJ/m^2） 3. 集會場所：同 A-1 組 4. 電腦室/研究室：400（MJ/m^2） 5. 餐廳、廚房：480（MJ/m^2） 6. 行政辦公區：560（MJ/m^2）
	D-5 補教托育	400（MJ/m^2）
E	E 宗教、殯葬類	1. 集會堂部分：同 A-1 組
F	F-1 醫療照顧*	（此類組手冊不適用）
	F-2 社會福利*	
	F-3 兒童福利*	
	F-4 戒護場所*	
G	G-1 金融證券	1. 營業廳：560（MJ/m^2） 2. 其他：同 G-2 組
	G-2 辦公場所	1. 辦公區：560（MJ/m^2） 2. 會議室：160（MJ/m^2） 3. 餐廳、廚房：480（MJ/m^2） 4. 簡易餐廳：240（MJ/m^2） 5. 茶水間：240（MJ/m^2）
	G-3 店鋪診所	1. 家具或書籍等店鋪、賣場：960（MJ/m^2） 2. 其他店鋪：480（MJ/m^2）
H	H-1 宿舍安養	1. 寄宿舍：240（MJ/m^2）
	H-2 住宅*	720（MJ/m^2）
I	I 危險廠庫*	（此類組手冊不適用）

說明：

1.餐廳、廚房與簡易餐廳定義：

（1） 餐廳、廚房定義為使用瓦斯燃料之空間。

（2） 簡易餐廳定義為不得使用瓦斯燃料之空間。

2.倉庫與儲藏區定義：

倉庫、儲藏區分類原則為倉庫無人員於室內處裡貨品，而儲藏區有相關人員於室

內處裡貨品，因此儲藏區需計算人員密度（0.04 人/m^2），並納入驗證計算中。

3.辦公室用途包括學校教職員辦公室、準備室、器材儲存室。

4.體育館為儲存少量可燃物之空間，如室內球場等場所

5.家具及書籍等賣場，其長常時存有大量可燃物質，如飯店的床單存放室、劇院的大道具是及學校圖書館等。

12. 內部裝修材料之火災成長率 α_m

內部裝修材料之火災成長率依表 2-11 所示規定數值。

表 2-11 內部裝修材火災成長率（α_m）

耐燃等級	火災成長率
耐燃一級（混凝土、磚或空心磚、瓦、石材、鋼鐵、鋁、玻璃、玻璃纖維、礦棉、陶瓷品、沙漿、石灰之材料、經中央主管建築機關認定合格者）	0.0035
耐燃二級	0.014
耐燃三級（耐燃合板、耐燃纖維板、耐燃塑膠板、石膏板及其他類似之材料、經中央主管建築機構認定合格者）	0.056
木材及其他級外材料	0.350

六、 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊-居室/樓層/整棟避難安全性能驗證法之整理（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊）

居室避難安全性能驗證法、樓層避難安全性能驗證法及整棟避難安全性能驗證法之整理如第三章第一節所示。

第二節 建築資訊模型

壹、 建築資訊模型技術（Building Information Modeling）

由於科技的發達、跨領域的合作，建築資訊模型（Building Information Modeling，以下簡稱 BIM）已經被全世界廣泛應用在建築、工程、營建（Architecture, Engineering, Construction，以下簡稱 AEC）產業。BIM 並不僅是一項技術上的變革，同時亦是程序上的變革，為了提升建築生命週期更即時及有效的整合；並產出精確的資訊數值有利於紀錄與分析；落實後續營運管理及救災預防，建立完整的模型資料庫是現今建築相關產業共同努力的目標。「模組（Modeling）」之重點在於「流程（Process）」而非「模型（Model）」，且也非僅是 3D 幾何模型的建構，而是結合「AEC 產業」的「資訊整合管理技術」。

BIM 是「數位化」、「物件導向」、「物件參數化」、「相關聯性層次物件」及「交互操作性（Interoperability）」為基礎的概念，其主要是透過「物件導向」之屬性及「物件參數化」進行設計。「物件導向」是「建築資訊模組（BIM）」資料結構中「程式開發」的設計方法，亦是「物件參數」與「資料庫」的基礎，其概念是一個以物件為核心定義其「行為（程式碼）」和「狀態（資料）」的物體，「行為」和「狀態」，可在數位空間與 BIM 相關流程和應用程式做互動，提供「交互操作性（Interoperability）」；「物件參數化」之設計是透過建立的構件和屬性資料的相關性，由屬性資料的參數規則來控制構件的行為，當使用者改變參數值時，構件的行為表現也隨之改變。

BIM 對建築產業的貢獻，透過 BIM 技術整合昔日專案及書面流程，到今日 2D 繪圖、3D 模型、動畫、電子試算表之自動化生產，以及未來 BIM 所建立的連結「資料庫（Database）」，並利用數位化建築資訊模組建造精確的建築物虛擬實境模型，產生比人為程序更為精確地控制和分析，以及整合複雜的幾何圖形和相關數據，使「建築資訊模組 BIM」透過「整合性專案交付 IPD（Integrated Project Delivery）」概念中之「整合性」及「可交換性」的工作平台與流程，協助整體「建築物生命週期」中之「規劃設計階段」、「發包施工階段」、「營運維護階段」及「拆除廢棄階段」等各階段作業流程之「資訊整合管理技術」及「建築物履歷」之建置。

貳、 非建築資訊模型技術

非 BIM 技術的主要原因是缺少「物件導向」之屬性及「物件參數化」之設計：

1. 3D 模型沒有整合性及可交換性的「資料庫（Database）」。
2. 3D 模型只包含一般 3D 資料，沒有「物件導向」及「物件參數化」之屬性。
3. 3D 模型不支援動態操作。
4. 3D 模型是由多個 2D CAD 參照檔組成，需組合這些檔案才能定義建築物。
5. 3D 模型允許在單一視圖更改尺寸，但無法自動反映到其他視圖。

參、 傳統作業交換性不足額外成本

「整合性專案交付 IPD（Integrated Project Delivery）」為近年來國際上越趨熱門之建築相關產業發包與管理模式，其範圍涵蓋整體「建築物生命週期」中各項專業的資訊技術之整合管理，主要精神必須藉由政府、業主、規劃設計單位、分包施工廠商、營運維護單位及拆除廢棄單位等所有利害關係人之間有效協同作業來實踐，並且經常性導入 BIM 技術於整體「建築物生命週期」和應用相關 BIM 工具，其效益可大幅減少工期和成本，同時符合政府與業主需求及其他所有利害關係人之共同利益。

「美國國家標準與技術協會 NIST（National Institute of Standards and Technology）」進行一項因為建築物生命週期整合性專案交付 IPD 交換性不足產生之額外成本分析。因交換性不足而造成的費用，是經由比較主要的業務活動和成本，與假設無縫隙地資訊流通和無重複性資料登錄的計算所獲得。NIST 將建築物生命週期整合性專案交付 IPD 交換性不足產生之額外成本的主要原因歸類為以下三者作為結論：

1. 避免（avoidance）：多餘電腦系統、低效率業務流程管理、多餘電腦人員編制。
2. 減輕（Mitigation）：手動重新輸入資料、資訊管理的需求。

3. 延遲（Delay）：冗員和其他資源的成本。

表 2-12 建築物生命週期整合性專案交付 IPD 交換性不足產生之額外成本

建築物生命週期 相關階段與單位	規劃設計 階段	發包施工 階段	營運維護 階段	總共 額外成本
建築師和工程師	$ 1,007.2	$ 147.0	$ 15.7	$ 1,169.8
總包商	$ 485.9	$ 1,265.3	$ 50.4	$ 1,801.6
特殊包商及供應商	$ 442.4	$ 1,762.2	—	$ 2,204.6
業主和經營者	$ 722.8	$ 898.0	$ 9,027.2	$ 10,648.0
總數	$ 2658.3	$ 4,072.4	$ 9,093.3	$ 15,824.0
可用之平方呎	11 億美金	11 億美金	39 億美金	61 億美金
每平方呎增加成本	$ 2.42/sf	$ 3.70/sf	$ 0.23/sf	$ 6.35/sf

肆、 BIM 介面模式

BIM 介面模式主要分為 BIM 工具、BIM 平台和 BIM 環境三部分，其說明與比較如表 2-13 所示。

表 2-13 BIM 工具、BIM 平台和 BIM 環境之介面模式說明與比較

層　級	說　　明
BIM 工具	1. 能產生具體成果的特定任務應用軟體，例如能達成工程圖產出、規範編撰、成本估算、衝突和錯誤檢測、能源分析、透視彩現、排程或視覺化展現之軟體工具。 2. 工具輸出通常是獨立的，例如報告、圖說等。但在某些情況下，工具的輸出會匯出到其他軟體工具供接續運用，例如從數量估算到成本估價，以及從結構分析成果回饋到一個連接產出結構詳圖的應用軟體。 3. BIM 工具應用軟體資源網站：http://bimprograms.blogspot.tw/。
BIM 平台	1. 一個通常為了設計，能產生資料給多人使用的應用軟體系統。 2. 以一個主體資料模型來存放平台上的資訊。 3. 大多數的 BIM 平台亦會在內部整合如工程圖產出和衝突檢測的工具功能，並且通常以不同層級的整合方式來合併多種其他工具的介面。 4. 有些平台會分享互動操作的使用者介面和風格。
BIM 環境	1. 能整合一個企業組織內的應用軟體（工具和平台）之一個或多個資訊管道的資料管理。 2. 支援企業組織內的資訊政策和做法。 3. 通常 BIM 環境並不是概念化地存在，而是以一個特別的方式隨著企業之需求而成長。 4. 其明顯的用途為自動化產出和管理多個 BIM 工具資料集。 5. 當使用到多個平台，且同時要處理多個資料模型時，便需要另一層的資料管理和協調層級。 6. 得處理人與人及平台與平台間資訊溝通的追蹤及協調。 7. BIM 環境比單獨的模型資料本身能承載更多形式的資訊，例如視訊、影像、音訊紀錄、電子郵件、以及許多應用於專案管理的其他資訊形式。 8. BIM 環境包含能再利用之物件與組件庫、企業組織所支援應用軟體之介面、以及企業管理與會計系統之連結。

伍、 BIM 應用層

美國 building SMART 聯盟組織 2010 歸納出 BIM 的 25 種應用層面如表 2-14 所示。

表 2-14 BIM 技術在建築物生命週期的應用層面

規劃 Plan	設計 Design	施工 Construction	營運 Operation
a 現狀建築 Existing Conditions Modeling			
a 成本預算 Cost Estimation			
a 階段規劃 Phase Planning			
a 規劃文本編制 Programming			
a 場地分析 Site Analysis			
	a 設計方案論證 Design Reviews		
	a 設計建模 Design Authoring		
	a 能量分析 Energy Analysis		
	b 結構分析 Structural Analysis		
	b 日照分析 Lighting Analysis		
	b 設備分析 Mechanical Analysis		
	b 其他分析 Other Eng. Analysis		
	b 綠建築評估 LEED Evaluation		
	b 規範驗證 Code Validation		
		a 3D 協調 3D Coordination	
		a 場地使用規劃 Site Utilization Planning	
		b 施工系統設計 Construction System Design	

		b 數字化加工 Digital Fabrication	
		a 三維控制和規劃 3D Control and Planning	
			a 紀錄模型 Record Model
			a 維護計畫 Maintenance Scheduling
			a 建築系統分析 Building System Analysis
a 主要 BIM 應用			
b 次要 BIM 應用			b 資產管理 Asset Management
			b 空間管理與追蹤 Space Management and Tracking
			b 災害計畫 Disaster Planning

第三章 執行技術分析與應用

第一節 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊分析

壹、 居室避難安全性能驗證法

居室避難安全性能驗證法，為針對可能起火的居室，假設在火災發生下，驗證居室人員是否可以安全的避難至居室外部。具體言之，乃先計算居室人員避難至居室外部所需之時間，次而計算煙層下降至造成避難障礙之高度，所形成的煙層下降時間，最後再確認完成居室避難所需之時間是否超過煙層下降時間。

表 3- 1 居室避難時間驗證法

居室避難時間驗證項目		計算公式
居室人員避難所需之時間 $t_{escape} = t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	開始避難時間 t_{start}	$t_{start} = \frac{\sqrt{\sum A_{area}}}{30}$
	步行時間 t_{travel}	$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right)$
	通過出口時間 t_{queue}	$t_{queue} = \frac{\sum pA_{area}}{\sum N_{eff} B_{eff}}$
居室煙層下降時間 t_s		$t_s = \frac{A_{room}(H_{room} - 1.8)}{\max(V_s - V_e, 0.01)}$ 1.起火室 $V_s = 9\left[(\alpha_f + \alpha_m)A_{room}\right]^{\frac{1}{3}}$ $\left[H_{low}{}^{\frac{5}{3}} + (H_{low} - H_{room} + 1.8)^{\frac{5}{3}}\right]$

	2.有效排煙量 $V_e = \min(A^* E)$
判定　當 $t_{escape} \leqq t_s$ 時，居室避難安全性能判定：安全。	

（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊，內政部建築研究所出版，2016。）

貳、 樓層避難安全性能驗證法

樓層避難安全性能驗證法分為二個步驟進行。第一階段為考量起火室以外之部分，驗證該樓層之全部人員是否可以安全避難。一般人員避難至居室外部後，仍未屬於安全狀況，因煙可能蔓延擴大至居室外部，形成起火室以外的避難障礙，所以樓層之避難安全性能應先計算人員避難至直通樓梯之避難開始時間、步行時間、通過樓梯出口之避難所需時間的總和，續而計算其避難路徑之煙層下降時間，進而確認樓層避難所需之時間是否超過煙層下降時間，最後確認該樓層內所有居室人員在不同的避難路徑下是否可以安全的避難逃生。第二階段為分別假設樓層內各居室為起火室，驗證樓層避難所需時間均小於煙層下降時間後，完成樓層避難安全性能驗證。

表 3- 2 樓層避難時間驗證法

樓層避難時間驗證項目		計算公式	
樓層人員避難所需之時間 $t_{escape} = t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	開始避難時間 t_{start}	(1)集合住宅、旅館及其他類似用途（不包含醫院、診所及兒童福利設施） $t_{start} = \frac{\sqrt{A_{floor}}}{30} + 5$	(2)其他用途（不包含醫院、診所及兒童福利設施） $t_{start} = \frac{\sqrt{A_{floor}}}{30} + 3$
	最大步行距離 t_{travel}	$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right)$	

通過出口時間 t_{queue}	$$t_{queue} = \frac{\sum pA_{area}}{\sum N_{eff} B_{st}}$$
樓層煙層下降時間 t_s	$$t_s = \frac{A_{room}(H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s - V_e, 0.01)}$$ 1.起火室 $$V_s = 9\left[(\alpha_f + \alpha_m)A_{room}\right]^{\frac{1}{3}}$$ $$\left[H_{low}{}^{\frac{5}{3}} + (H_{low} - H_{room} + H_{lim})^{\frac{5}{3}}\right]$$ 2.起火室以外之空間 (1)防火防煙門： $$V_s = 0.2A_{op}$$ (2)防火門： $$V_s = 2A_{op}$$ (3)其他開口構造： $$V_s = \max(V_{s0} - V_e, 0)$$ $$V_e = \min(A^* E)$$
判定　當 $t_{escape} \leqq t_s$ 時，居室避難安全性能判定：安全。	

（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊，內政部建築研究所出版，2016。）

參、 整棟避難安全性能驗證法

整棟避難安全性能驗證法，分為下列三個步驟驗證整棟建築物之避難安全性能。第一階段為先驗證整棟建築物內各樓層均具備「樓層避難安全性能」。

第二階段為檢討整棟建築物之避難安全；即使可以確保各樓層之避難安全性能，但如果起火室之濃煙蔓延流入直通樓梯間或其他樓層時，仍會造成其他居室及樓層人員避難上之困難。故首先依假設之起火室，計算建築物內所有人員到達建築物外部避難所需之時間，其次再計算濃煙經由起火室侵入樓梯間造成危害之時間。最後驗證濃煙進入樓梯間之危險形成時間是否低於人員避難至建築物外部所需之避難時間後，驗證作業即告完成。

第三階段為分別假設整棟建築物內任一居室為起火室，驗證完成避難所需時間均小於濃煙流入樓梯間或其他樓層所造成的危害時間後，即完成整棟避難安全性能驗證。

表 3- 3 整棟避難時間驗證法

整棟避難時間驗證項目		計算公式	
整棟人員避難所需之時間 $t_{escape} = t_{start} + t_{travel} + t_{queue}$	開始避難時間 t_{start}	(1)集合住宅、旅館及其他類似用途（不包含醫院、診所及兒童福利設施） $t_{start} = \frac{2\sqrt{A_{floor}}}{15} + 5$	(2)其他用途（不包含醫院、診所及兒童福利設施） $t_{start} = \frac{2\sqrt{A_{floor}}}{15} + 3$
	最大步行距離 t_{travel}	$t_{travel} = \max\left(\sum \frac{l_i}{v}\right)$	
	通過出口時間 t_{queue}	$t_{queue} = \frac{\sum pA_{area}}{\sum N_{eff} B_d}$	
整棟煙層下降時間 t_s		$t_s = \frac{A_{room}(H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s - V_e, 0.01)}$ 1. 起火室 $V_s = 9\left[(\alpha_f + \alpha_m)A_{room}\right]^{\frac{1}{3}}$ $\left[H_{low}{}^{\frac{5}{3}} + (H_{low} - H_{room} + H_{lim})^{\frac{5}{3}}\right]$ 2. 起火室以外之空間 (1)防火防煙門： $V_s = 0.2A_{op}$	

	(2)防火門： $V_s = 2A_{op}$ (3)其他開口構造： $V_s = \max(V_{s0} - V_e, 0)$ $V_e = \min(A^* E)$
判定　當 $t_{escape} \leqq t_s$ 時，居室避難安全性能判定：安全。	

（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊，內政部建築研究所出版，2016。）

肆、 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊分析

「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」之精神是以量化的計算公式提供避難安全性能驗證，可供使用者在建置 Excel 時方便輔助計算，能較清楚地了解系統建置時的錯誤檢證與依據。除了提供手動計算與驗證作為基礎，亦可進行 Excel 建置輔助作業，對於未來應用 BIM 技術時，將能大幅提升運算效率，減少人工成本損失。

現行作業是以 2D 輔助 BIM 階段，若要全面化推行 BIM，必須先經參數分析與歸類之後，才得以有效地將「Template 防火避難樣版」整合完全，後續研究可以進一步地應用「IFC 資訊交換標準」平台進行整合，BIM 資訊與技術方得以全面化。

第二節 BIM 執行技術架構

壹、 現行 BIM 發展組成結構關係

建築資訊模型（Building Information Modeling，以下簡稱 BIM）已經被全世界廣泛應用在建築、工程、營建（Architecture, Engineering, Construction，以下簡稱 AEC）產業。BIM 並不僅是一項技術上的變革，同時亦是程序上的變革，為了提升建築生命週期更即時及有效的整合；並產出精確的資訊數值有利於紀錄與分析；落實後續營運管理及救災預防，建立完整的模型資料庫，以及制定 BIM 標準作業規範，運用 BIM 之 Template 樣版與明細表、IFC 資訊交換標準之技術，得以有效地整合建築物生命週期中之規劃設計階段、發包施工階段、營運維護階段及拆除廢棄階段等相關領域單位協同作業及精確數值的資訊技術整合與分析，減少因為「整合性專案交付（IPD）」交換性不足產生之額外成本。同時新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」是針對 BIM 提出國內發展的第一步，作為有效地建立後續完整「建築物生命週期」與「建築物履歷」的建置，充分落實後續營運維護管理及救災預防的目的是現今建築相關產業共同努力的目標，構成關係如圖 3-1 說明。

貳、 BIM 執行技術與建築物生命週期

建築物生命週期中主要分為四個階段，包括：規劃設計階段、發包施工階段、營運維護階段及拆除廢棄階段，皆能以 BIM 之 Template 樣版與明細表、API 應用程式介面及 IFC 資訊交換標準之技術做有效的整合，其構成關係如圖 3-2 說明。

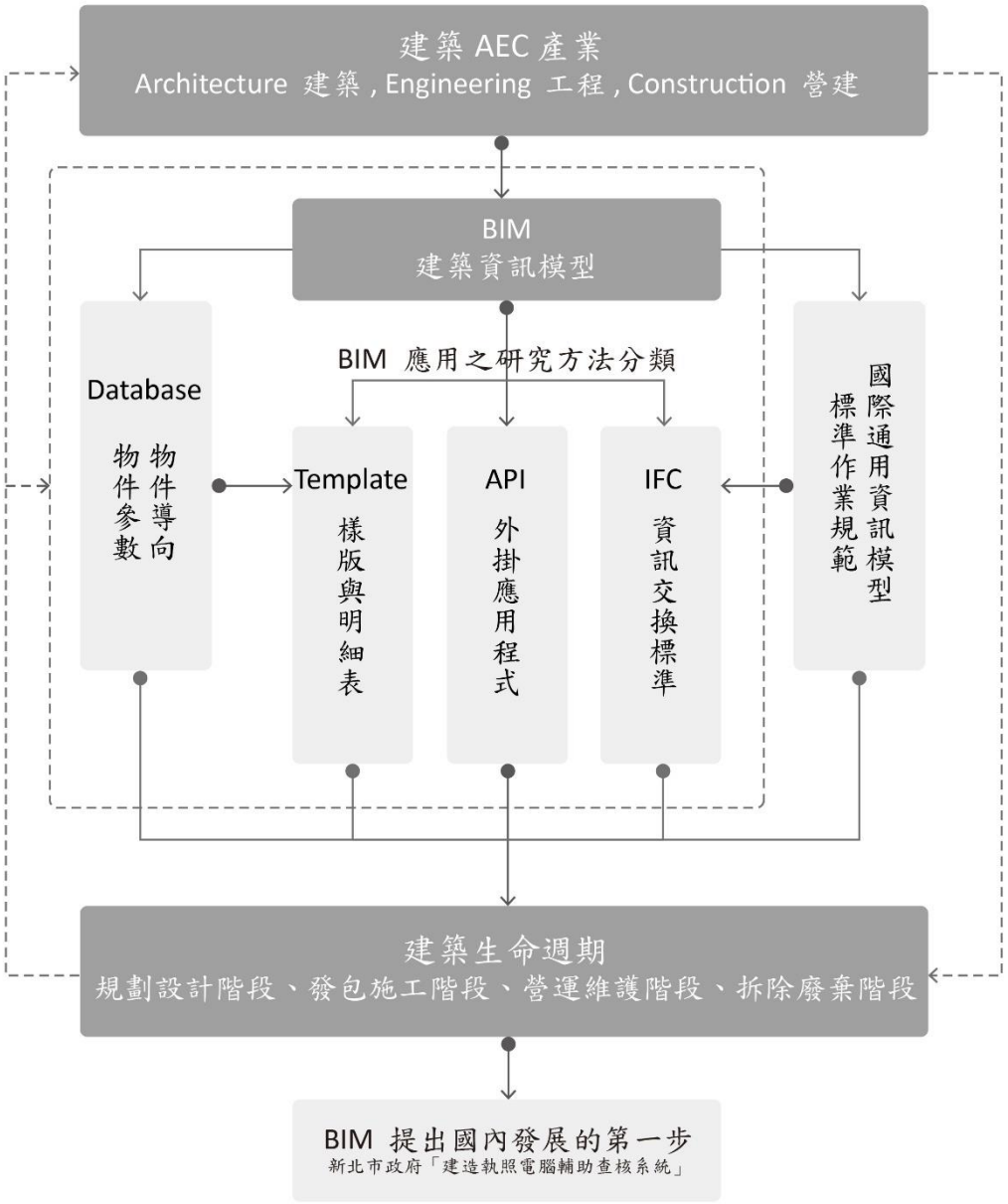


圖 3- 1 現行 BIM 發展組成結構關係

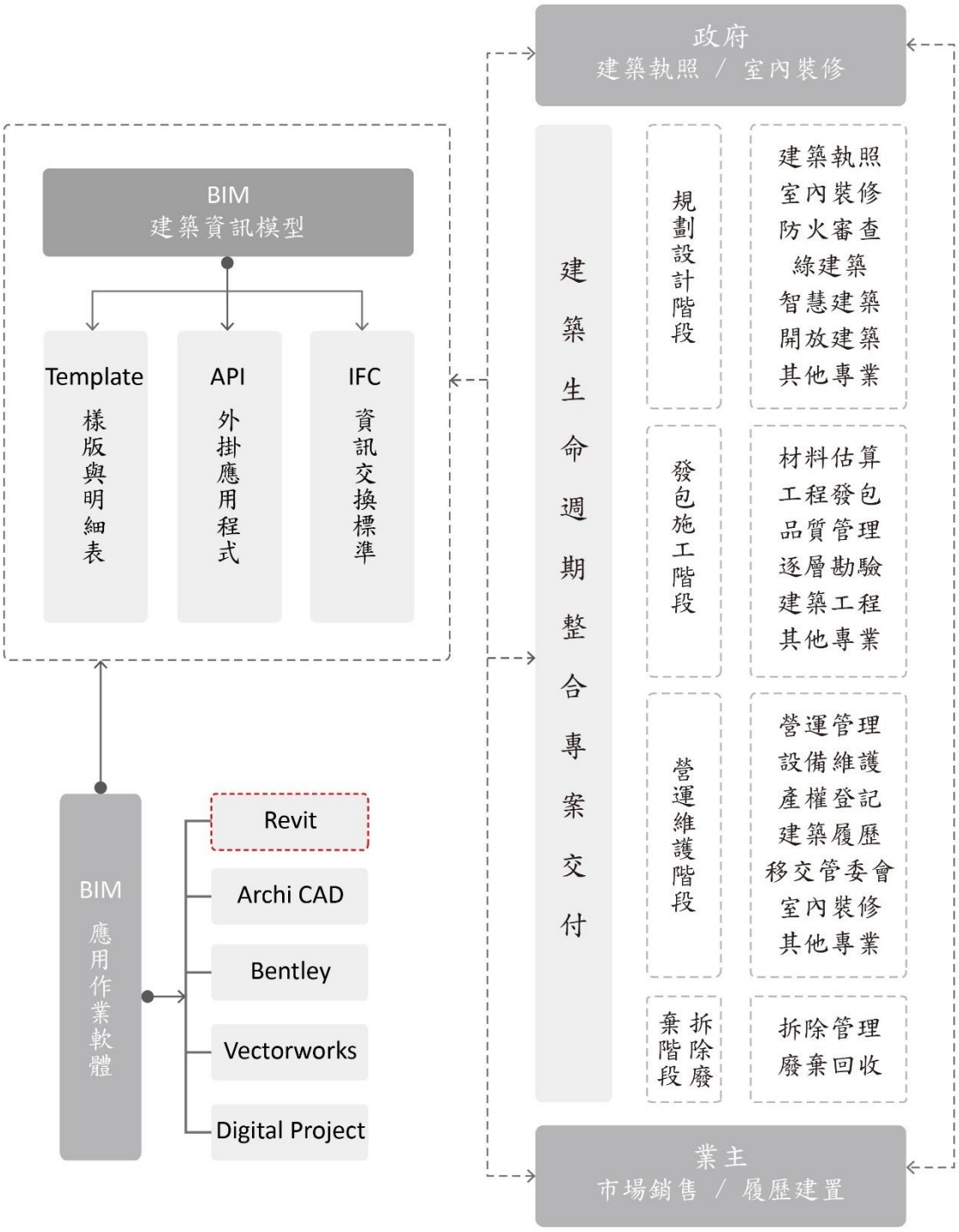


圖 3- 2 BIM 執行技術與建築物生命週期

參、 工程製圖與資訊技術演進及 BIM 技術之架構

1. 工程製圖與資訊技術演進

工程製圖與資訊技術之演進，主要分為三個階段，分別為最初始的「圖紙手繪階段」利用尺規製圖作業；到現行較普遍的「2D 與 3D 之 AutoCAD 階段」作業；再到「BIM 階段」之 2D,3D,4D（3D+時間）, 5D（3D+時間+金流）, nD 作業。構成如表 3-4 所示。

表 3- 4 手繪、CAD 與 BIM 之比較

項　　目	手繪	CAD	BIM
時　　間	約 1982 年以前	約 1982 年至今	約 2000 年以後
使用工具	平行尺、比例尺等	CAD 製圖軟體	BIM 模組軟體
屬　　性	手繪 2D 圖面	數位 2D 圖面	物件導向及參數資料庫
維　　度	2D 與等角投影視圖	2D 與 3D	2D, 3D, 4D (3D+時間), 5D(3D+ 時 間 + 金 流), nD 作業
元　　素	點、線、弧、圓、開口、文字等	點、線、弧、圓、面、體、開口、文字等	柱、樑、版、牆、窗、門等物件導向
資　　料	一般的手繪屬性資料，不具有定義的資料庫，無法進行運算的資料結構體。	一般的 2D 與 3D 屬性資料，不具有定義的資料庫，無法進行運算的資料結構體。	物件導向資料庫結構，可在數位空間與 BIM 相關流程和應用程式互動

2. BIM 執行技術架構

「BIM 階段」之物件導向及物件參數主要可分為三種階段性整合，分別為最簡易近程發展的「Template 樣版與明細表」；難易適中之中程發展的「API 資料格式轉換」；最為複雜之遠程發展的「IFC 資料交換標準」。

約在 2010 年以後，「BIM 階段（物件導向）」主要屬於以 2D 輔助 BIM 作

業的階段。眺望未來發展至 2020 年內，主要以「BIM 導入實作階段」為目標的 BIM 輔助 2D 作業階段之「Template 樣版與明細表」為初始概念。因為兩者的作業模式較為相似，是作為銜接「API 資料格式轉換」與「IFC 資料交換標準」的開端；同時新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」政策也屬於應用「① Template 樣版與明細表」的概念做系統建置，是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步；並利用現今業界較普及之 Autodesk Revit Architecture v2017 作為 BIM 之「Sample 樣版與明細表」執行的軟體工具。未來發展主要以「API 資料格式轉換（物件參數）」及「IFC 資料交換標準」為主，BIM 技術才得以更全面性且更加成熟，可以支援各種專業性應用，如圖 3-3 說明。

根據 BIM 執行技術內容的界定，故本研究將以新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」與一建築辦公大樓進行案例驗證，並且導入「建築物防火避難安全性能驗證手冊」，建置「Template 防火避難樣版」。

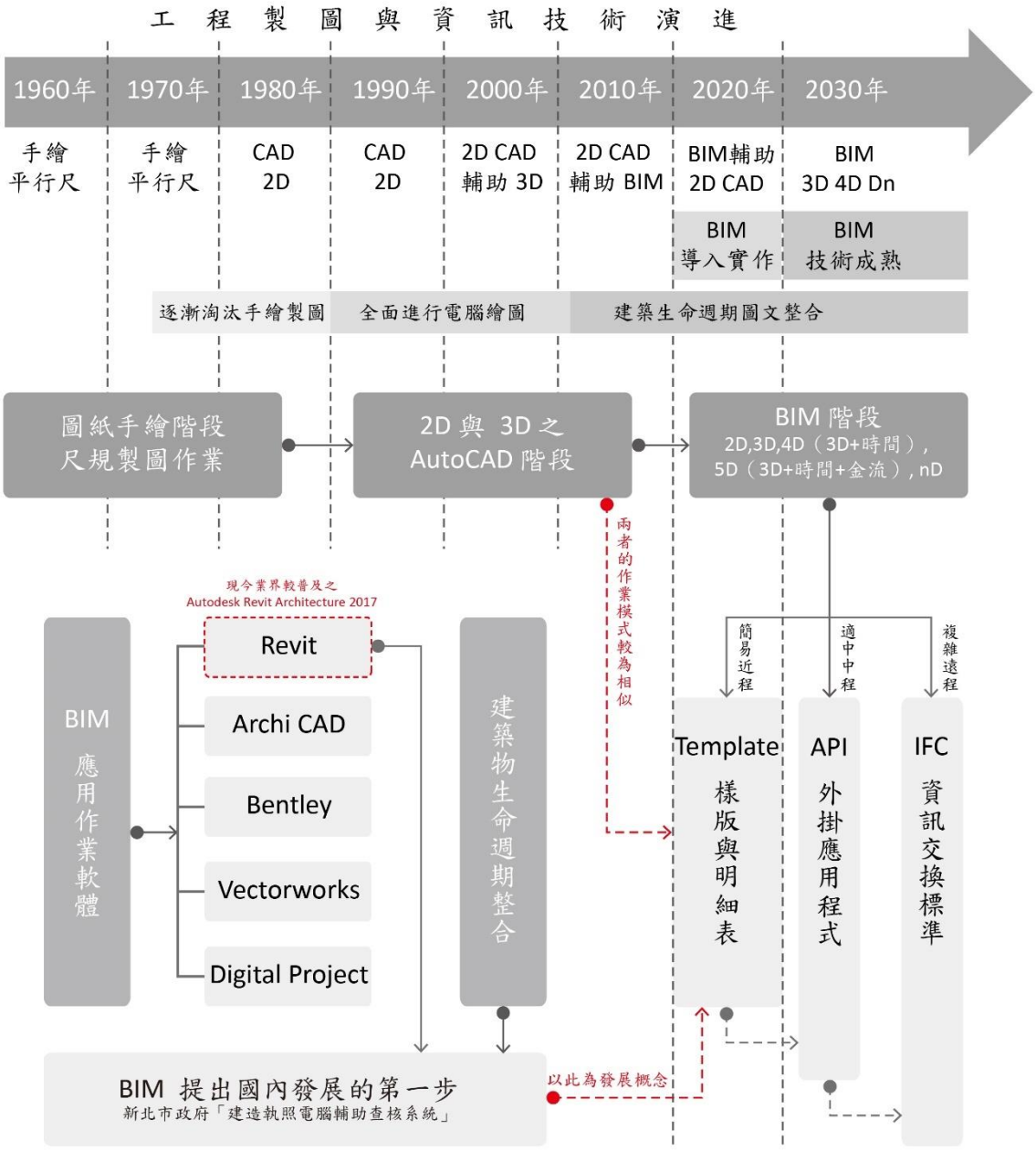


圖 3- 3 BIM 執行技術與建築物生命週期

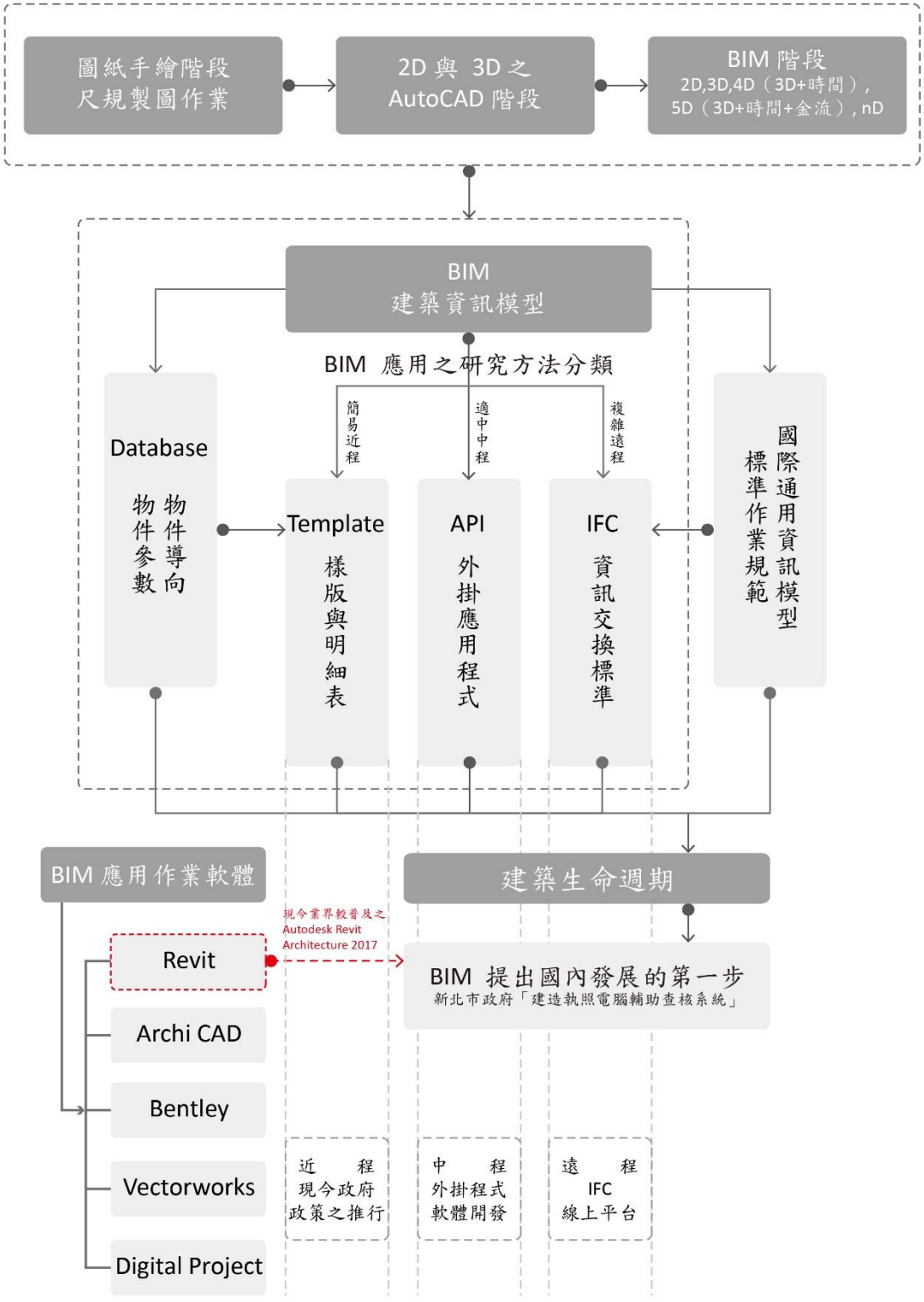


圖 3- 4 BIM 執行技術架構

第三節 BIM 執行技術分析

壹、 BIM 執行技術分析項目

BIM 執行技術分析項目係主要針對圖 3-5 架構做詳細介紹說明與敘述，並描述是否採用執行之因素。

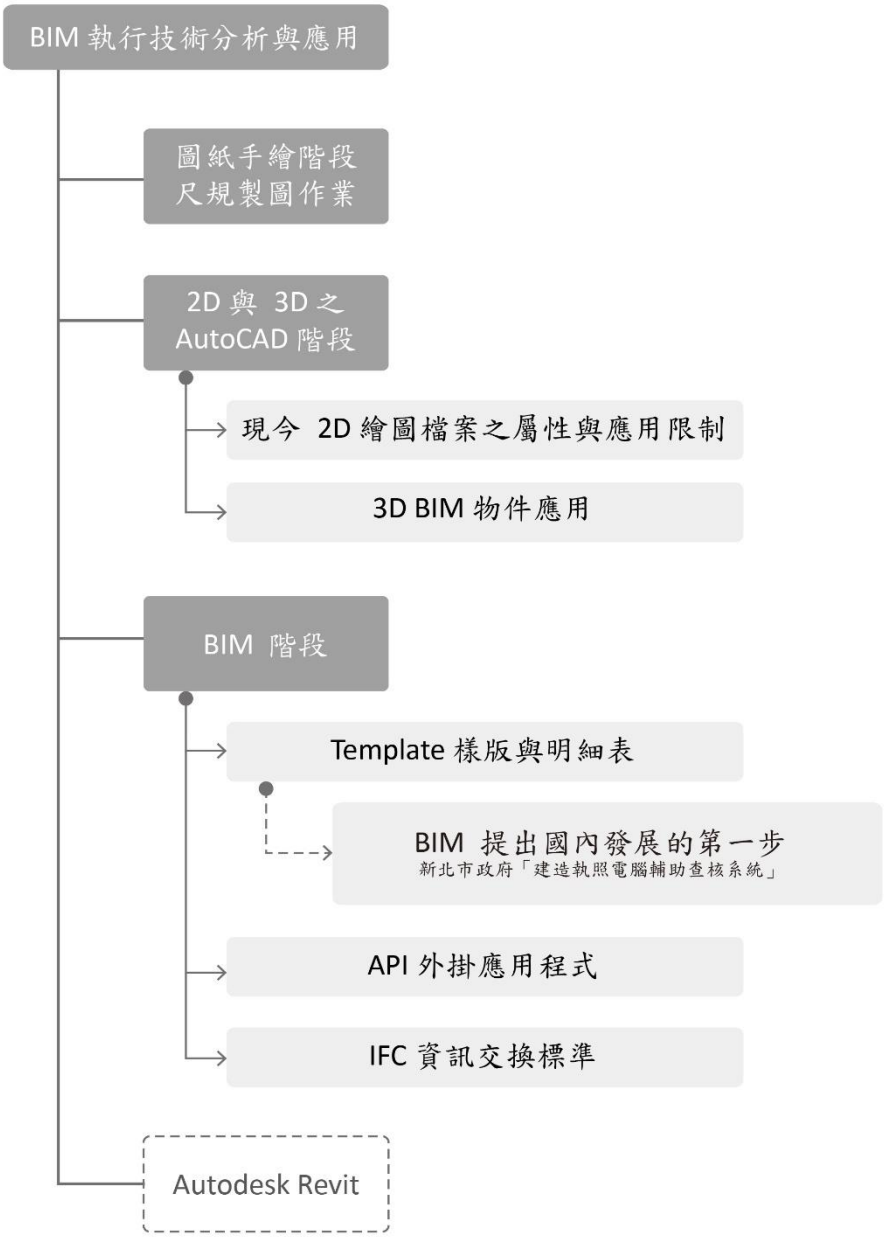


圖 3- 5 BIM 執行技術分析項目

貳、 現行 2D 繪圖檔案之屬性與應用限制和 3D BIM 物件應用

1. 現行 2D 繪圖檔案之屬性與應用限制

目前 2D AutoCAD 是建築師事務所現階段最普遍使用的軟體工具。由 AutoCAD 軟體產出之 DWG 圖檔格式是 AUTOLISP 程式語言。對於發展「建築資訊模組 BIM」之資訊擷取確實有以下問題：

(1) DWG 圖檔係以圖層或註記方式從平面去描述圖說資料，對於 3D 空間的相對位置將可能無法辨識。

(2) 以物件化的參數構件，轉換至 DWG 時，物件參數會消失。例如：樓板、牆、門、窗及柱等。轉換至 DWG 時會產生很多複雜的線段，而無法判別屬性參數。

(3) AutoCAD 的程式開發語言為 AUTOLISP，但其語言是類似巨集的寫法，它對於規範圖層、顏色或標註等資訊，可以有效的分類，但是對於空間關係或物件之間的關係，則難以撰寫空間距離之檢測程式。

(4) 傳統 2D 圖檔，繪圖人員可依據圖層、顏色及圖元繪製 DWG 圖檔，但電腦只可判定圖面標註的尺寸數值與標註實際尺寸是否一致，物件無法判斷物件座落位置。

2. 3D BIM 物件應用

BIM 與現行 2D 之 AutoCAD 除了 3D 建模及「資訊（Information）」的應用外，其多元化資訊串接「資料庫（Database）」達到資料的一致性可以克服目前 2D CAD 的缺憾。

國外之研究把 BIM 的應用定位是一種「跳階（Paradigm Shift）」。BIM 以「物件導向」與「物件參數化」的屬性方式架構整個模型，賦予各物件的屬性資料外，並且串聯物件與物件之間的關係，再編列表單進行整理運算，例如：Excel 運算表單、ODBC 資料庫、IFCXML 或 IFC 等，這與過去 CAD 單純圖紙的表達功能完全不同，因此 BIM 的應用概念必須跳脫圖紙表達的框架，才能真正體會「跳階（Paradigm Shift）」的歷史意義。

參、 Template 樣版與明細表

Template 概念：

Template 作業度主要與 2D 作業 AutoCAD 相似，概念即是建置一個常用或具有專業性之「樣版」設定，透過「物件導向」的概念，萃取自專案中元素性質的資訊以表格形式進行顯示，列示所編制元素類型的每個例證，依據明細表的組成群組準則關係，將多個例證收闔到一列中，並依據「物件導向」所定義之「參數資訊」予以「明細表」條列化方式呈現。

1. Template 支援匯出整合平台種類

「Template 樣版與明細表」for「txt for Excel, Access, etc」。

2. Template＋Excel 輔助計算

「Template」僅能呈現「物件導向」之物件參數資訊，無法在「樣版與明細表」內建置以「Excel」為屬性的公式語言，因此進行「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」計算時，需另外建置 Excel 公式計算軟體，再將「明細表」之「物件參數資訊」用上述三種或一種方法匯出後，進行 Excel 軟體輔助計算。

肆、 建造執照電腦輔助查核系統

現行台北市政府與新北市政府推行「建造執照電腦輔助查核系統」政策之「建造執照電腦輔助查核樣版檔」，屬於「Template 樣版與明細表」的概念，採用「Autodesk Revit」為 BIM 工具。

1. 計畫緣起

「建造執照電腦輔助查核系統」開發是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步，亦是作為以 BIM 發展整體「建築物生命週期」全面化的起點，系統開發仍尚在進行當中。本系統開發原意在協助建築師避免建築物量體設計錯誤的產生，如建築物退縮距離、樓梯淨高、停車空間尺寸等，以降低消費糾紛，同時協助建築執照審查人員減少第二階段技術抽查作業的負擔，以及未來整體「建築物生命週期」之整合。

建造執照審查是建築物開發許可的第一步。在「建築物生命週期」的管理上扮演相當重要的角色與關鍵地位。新北市政府工務局以「新北市建造執照電

腦輔助查核系統」規劃案作為發展 BIM 的起點，重點即是要在建築物的初始設計階段導入 BIM 資訊整合觀念。

2. 概念與目標

「建造執照電腦輔助查核系統」主要以借鏡國外發展經驗，嘗試建立整體「建築物生命週期」之「建築資訊模組（BIM）」的準則。建置建造執照輔助審查平台的初步架構可分為建築師送件與審查人員查核共兩個介面，是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步，落實 E 化作業環境，整合整體「建築物生命週期」，並提供整體「建築物履歷」建置之所需。

3. 發展範圍

目前執行建築執照審查的流程可分為二個階段，第一階段為行政審查，第二階段為技術審查。新北市政府工務局目前發展的法規檢測系統以第二階段技術抽查為主，其功能在輔助人工審查之資訊一致性查核。

4. 市政府導入個案

新北市政府工務局將輔導運動休閒中心新建工程得標廠商（設計建築師）進行「建築資訊模組（BIM）」之建置，協助設計建築師在建造執照審查階段以 BIM 模型送審，並在後續技術抽查階段之法規檢測，達到免抽、減抽之簡政便民政策。同時在施工勘驗階段亦將提供 BIM 資訊模型與現場施作之線上查核系統做比對，落實 E 化作業環境，減少不必要的紙張浪費，達到節能減碳之環保政策。

5. 限制

系統在有限時間與經費控制下，僅可針對可優先量化單純法規進行開發。且建築管理法規之立法原意並非供系統檢測使用，因此涉及虛體控制或與 GIS 資訊多重結合之法規，在目前 IFC 程式語言架構下，確實較難明確定一審標準。況且法規檢測標準涉及中央主管建築機關解釋權判定，都是未來需要再努力持續精進的課題。

6. 結論

現行台北市政府與新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」政策，係屬於「Template」的概念，採用 Revit 之樣版與明細表作業，計畫緣起及建置系統已從 2010 年初持續至今約耗時六年，目前仍尚在測試與修正階段，未來將全面化推行「建造執照電腦輔助查核系統」，建立建造執照 BIM 審查制

度，俾利未來協助建築物之迅速審查。本研究所建置「Template 防火避難樣版」歸屬於此概念應用。

伍、 API 應用程式介面

1. API 概念

「應用程式介面 API（Application Programming Interface）」是以「BIM 工具」的概念掛載於「BIM 平台」上，係屬於「直接連結（Direct Links）」的方式使用應用程式的 API，API 應用程式工具擷取「建築資訊模組（BIM）」中所需要分析的應用程式資料，於「BIM 平台」中「直接連結（Direct Links）」地方式進行資料的分析作業和後續應用，其構成概念如圖 3-6 說明。

BIM 工具或軟體雖然提供較以往更有效率地解決方案，但軟體廠商為了顧及多數使用者的需求，有時無法完全將程式功能或作業流程客製化，當程式功能需要擴充時，通常依靠「C++」或「C#」程式語言，利用「應用程式介面（API）」來進行相關的「外掛程式（Plug-in）」開發，以達到延伸程式核心功能，俾利進行整合作業流程和介面，以及大量批次作業的目的。

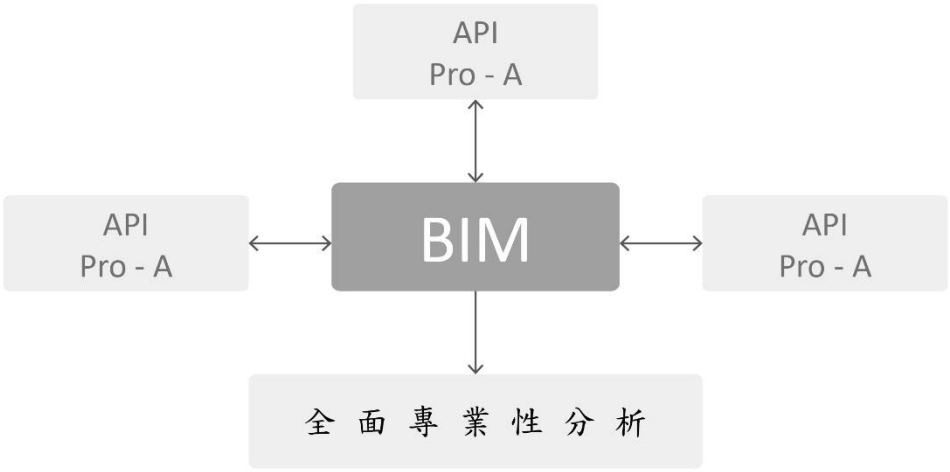


圖 3- 6 API 應用程式介面概念圖

2. BIM 平台的 API

有些「BIM 平台」具有其專屬的「應用程式介面（API）」，例如：Graphiso ArchiCAD v14 的 GDL、Autodesk Revit Architecture v2011 的 Open

API、Microstation Bentley Architecture v8, i 的 MDL。

3. API 作業模式

「應用程式介面（API）」之「直接連結（Direct Links）」是以「程式設計」級別的介面實現，通常依靠「C++」或「C#」程式語言。其作業模式主要分為兩種：

(1) 第一種：在兩個獨立應用程式交換時，寫入臨時檔案。

(2) 第二種：依靠從一個應用程式呼叫另外一個應用程式，進行即時的交換。

4. API 處理層級：

(1) 在 Autodesk Revit 中創建增益集讓使用者介面中能自動執行重複性任務。

(2) 透過自動化的錯誤檢查以強化專案設計標準。

(3) 擷取專案資料進行分析和產出報告。

(4) 匯入外部資料來創建新的元件或參數值。

(5) 整合其他應用程式，包括分析應用程式到 Autodesk Revit 產品裡。

(6) 自動化創建 Autodesk Revit 的專案文件。

(7) 其他

5. Autodesk Revit API 概述

Autodesk Revit Architecture 2017、Autodesk Revit Structure 2017、Autodesk Revit MEP 2017 供了一個 API，旨在讓有研發實力的使用者和外部應用程式開發人員，能將他們的應用程式與 Autodesk Revit 整合起來。這三種軟體的 API 非常相似，我們將其統稱 Autodesk Revit API 2017，或 Autodesk Revit API。

建議使用者需先熟悉 2017 Autodesk Revit Architecture、Structure、MEP 的功能後再嘗試使用 Autodesk Revit API 建置其他專業分析軟體

6. Autodesk Revit API 創建系統

Autodesk Revit API 可以創建「外部命令（External Commands）」、「外部應用程式（External Applications）」與「REX 增益集（REX Addins）」系統。

7. 外部命令（External Commands）

(1) Autodesk Revit API 可以添加新的「外部命令」到 Autodesk Revit 的使用者介面。

(2) 這些「外部命令」將出現在「增益集選項卡」的「外部工具」下拉選單中。

(3) 透過 API，外部工具命令具有存取 Autodesk Revit 資料庫，以及當下選定的

元件。

8. 外部應用程式（External Applications）

(1) Autodesk Revit API 可以同時添加新的「外部應用程式」到 Autodesk Revit 的使用者介面。

(2) 這些「外部應用程式」可以在 Autodesk Revit 啟動和關閉被調用。

(3)「外部應用程式」可以在「增益集選項卡」創建新的面板。

(4)「外部應用程式」還可以註冊成「處理程式（Handlers）」，這可以回應在 Autodesk Revit 使用者介面所觸動的事件。

9. Autodesk Revit API 開發需求前置作業

(1) Autodesk Revit 系列產品的安裝。

(2) 了解 Autodesk Revit 軟體，所有 Autodesk Revit 的系列產品都是參數化建築資訊模型（BIM）工具，使用者可以創建模型的視圖，包括平面圖、利面圖、剖面圖與標註等等，這些視圖都從 3D 實體模型直接生成，只需要在一個視圖中所做的更改將會自動傳播到所有其他視圖。

(3) Autodesk Revit API 軟體開發工具（SDK）的安裝。

(4) 初學者先了解 Autodesk Revit 的功能和特色後，再熟悉 2014 Autodesk Revit Architecture、Structure、MEP 的功能，才能進一步掌握 Autodesk Revit API 的精隨與嘗試使用 Autodesk Revit API 建置其他專業分析軟體。

(5) Autodesk Revit API 需要「Microsoft.NET Framework」之 3.5 或 4.0 版本。

(6) 對「.NET」相關程式開發語言的經驗，Autodesk Revit API 提供 C++、C#和 Visual Basic.NET 為基礎的語言。要編輯和除錯使用者的 API 應用程式，使用者必須要有一個交互式的開發環境，如 Microsoft Visual Studio 2012、Microsoft Visual Studio 2012 Express 版或 Microsoft Visual Studio 完整版的「C++」、「C#」和 Visual Basic.NET 任一個安裝。

(7) 使用者開始使用 Autodesk Revit API 開發時，確保「專案」引用了兩個「DLL」，「RevitAPI.dll」與「RevitAPIUI.dll」。

(8) 充裕的時間及其他。

10. API 結論

本研究將「Template 防火避難樣版之建築物防火避難安全性能驗證」的「參數分類表」，區分為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」

及「性能驗證技術手冊之參數」。其中「外掛程式應變之變數」是利用「應用程式介面（API）」來進行相關的「外掛程式（Plug-in）」開發，除了可達到延伸程式核心功能，亦有利於整合作業流程或介面。

陸、IFC 資訊交換標準

1. IFC 概念

「資訊交換標準 IFC（Industry Foundation Classes）」是一個以「物件導向」為基礎的「建築資料模組（BIM）」，它是唯一公開的、非專屬的及開發完善的公開標準資料模型，應用範圍涵蓋於「建築（Architecture）」、「工程（Engineering）」、「營建（Construction）」產業（即所謂 AEC 產業）專業領域中應用程式之間的交換。

它是由「buildingSMART（International Alliance for Interoperability, IAI 國際性組織 IAI 之前身）」針對「物件導向」及「相關聯性層次物件」建模方式提出的一套資訊交換標準，主要目的在於為「建築物生命週期」中相關產業因「整合性專案交付（IPD）」而所制定之標準資訊交換格式，同時提供「交互操作性（Interoperability）」，讓來自不同廠商的專業分析應用軟體之間得彼此順利地做資訊交換應用，在建築物生命週期中建立資訊共享之統一架構，節省資訊轉換成本，提高資訊交換之效率。

「資訊交換標準（IFC）」是最能有效地整合 BIM 所有資訊與技術的整合方法，透過「IFC」能將專案「整合性專案交付 IPD」予 AEC 產業和「建築物生命週期」中各項專業廠商進行專業化分析，得以節省建築物生命週期整合性專案交付交換性不足產生之額外成本，其構成概念如圖 3-9 說明。進一步地應用「Ⓒ③IFC」概念，BIM 資訊與技術的整合才得以全面化於整體「建築物生命週期」中，包含：規劃設計階段、發包施工階段、營運維護階段、拆除廢棄階段。

2. IFC 發展歷程

IFC 最初於 1997 年發表 IFC1.0 版本，目前最新版本為 2013 年發表的 IFC4，其發展歷程如圖 3-7 說明。

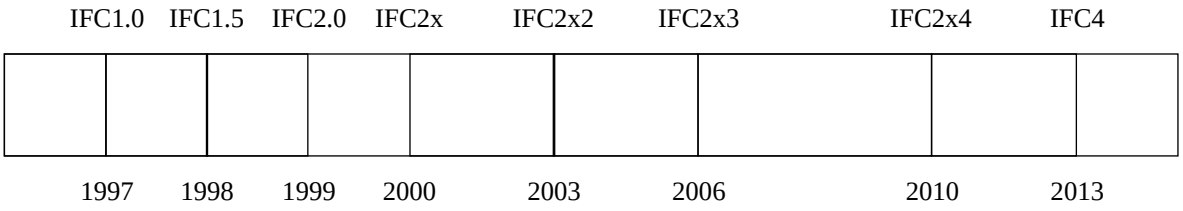


圖 3- 7 IFC 發展歷程

3. 何謂 IFC

IFC 是為了 AEC 產業中應用程式之間的交換，所發展的一種架構，將用來在 AEC 產業中應用軟體之間進行交換的建築數據，定義為一組可擴充性且一致性的數據表示法。

IFC 依靠 ISO-STEP EXPRESS 語言及其定義之概念，在 EXPRESS 語言上只有一些小小的限制。當其他 ISO-STEP 的努力大都集中於特定工程領域內細部的軟體交換時，在建築產業裡認為這會導致零碎的結果及一套不相容的標準。因此 IFC 被設計為一種可擴展的「框架模型（Framework Model）」，其開發者期望它能提供廣泛的與較通用的物件和資料定義，其中包含更詳細且更具體任務的模型能被定義，這些模型能支援特定的交換。

因此，IFC 已經被設計成可以解決所有建築資訊，包含建築物之整體「建築物生命週期」的所有資訊，從規劃設計階段、發包施工階段、營運維護階段、拆除廢棄階段皆是。

IFC 發佈的 2x4 版本中，約有 800 個實體（資料物件，Entity）、358 組屬性集（Property Set）和 121 種資料類型（Data Type）。雖然這些數字顯示 IFC 的複雜性，它們也反映了建築資訊語意的豐富性，滿足多個不同系統，反映多個應用程式的需求，從能源分析和成本估計，到材料追蹤和進度。

4. IFC 架構

「資訊交換標準（IFC）」係針對「物件導向」及「關聯性物件建模」方式提出的一套資訊交換標準，IFC 子架構的系統結構中，每個資源層和核心層子架構具有實體結構用以定義模型，於交互操作層和領域層中指定。其構成概念如圖 3-9 說明。

IFC 的概念結構可以從幾個方面去思考，從 IFC4 架構中顯示一個系統架構

角度的圖解，底部是 26 組基本的 EXPRESS 定義，定義基本的可再使用之構造，如幾何體、拓樸結構、材料、測量、行為者、角色、表現法和屬性。這些都是所有類型產品通用的，大部分與 ISO-STEP 共用資料庫資源是一致的，具有少量的擴充性。

基礎的實體被組成來定義 AEC 產業中常用的物件，IFC 中稱為共用物件。這些包括建築元素，如：基本牆體、樓層、結構元素、建築服務元素、處理元素、管理元素、和基本特徵。因為 IFC 被定義為一種可延伸的資料模型，並且是物件導向，基本實體可以透過子類別（Subtyping）詳細說明和特殊化，以生成任何數量的子實體（Subentity）。

IFC 資料模型的最頂層是特定專業領域的擴充，對於特定用途則需要這些擴充性來處理各種特殊實體。因此有結構元素和結構分析延伸、建築、電氣、冷暖空調、和建築控制元素延伸。

由於 IFC 分層物件子型態的結構，使用在交換的物件是以巢狀的形式，被嵌在一個深度的子實體定義的樹狀裡。所有實體物件、程序物件、行為者、和其他基本構造都以相似的方式抽象地表示，例如：一道牆的實體（資料物件，Entity）就有一個可向下追蹤的樹狀圖，樹狀圖的每個階層引入了不同的牆體屬性和關係。

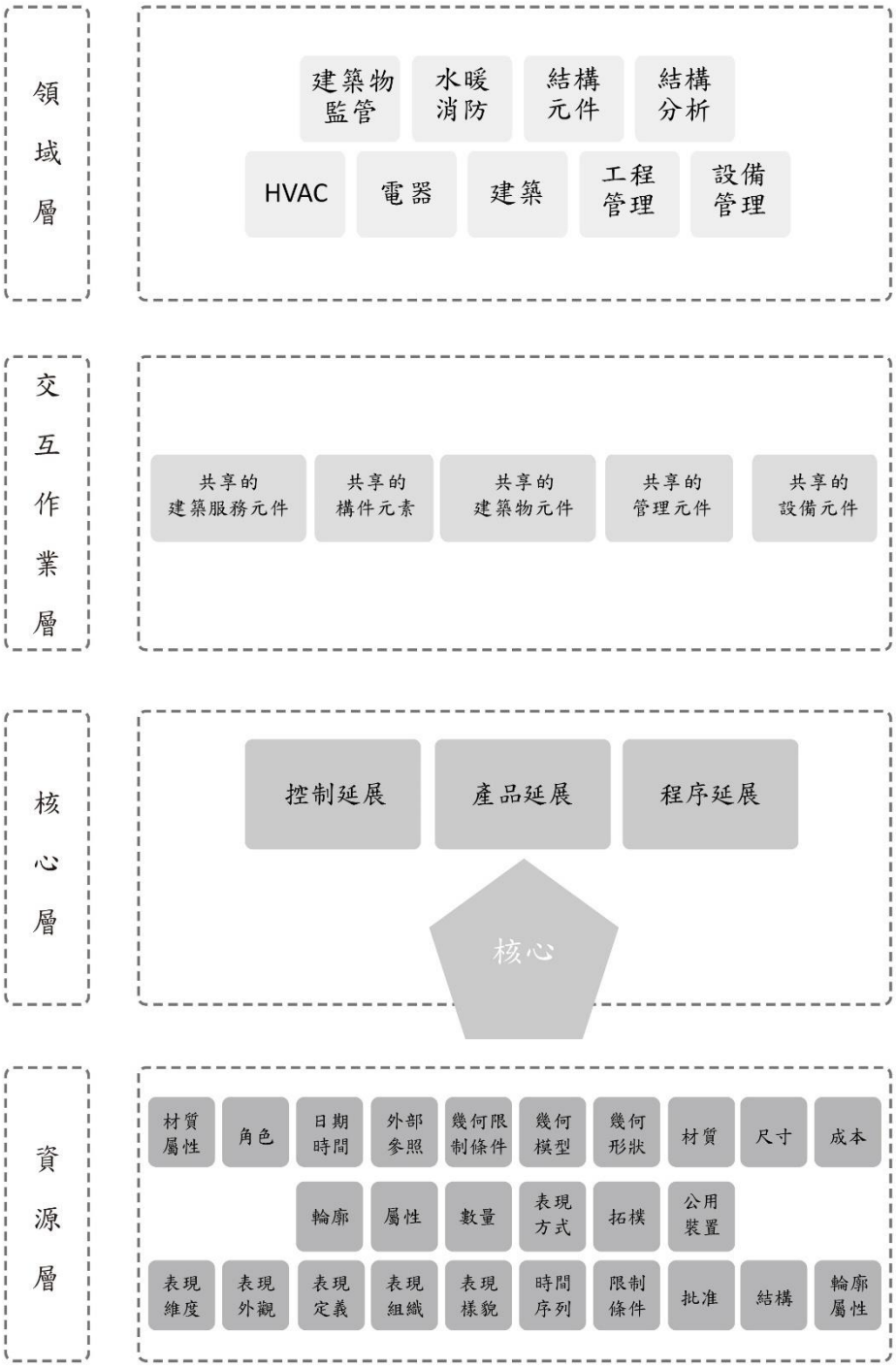


圖 3- 8 IFC 架構

5. IFC 作業概念圖

BIM 伺服器支援的交換內部結構之示例，為了支援同步化，所有 BIM 工具都必須能夠由伺服器進入並檢查。應用程式溝通程序之主動資料交換，用以定義專案及使用者行為項目。在某些情況下，主動交易可啟動更新。同步化管理系統由 BIM 管理員控制。其構成概念如圖 3-9 說明。

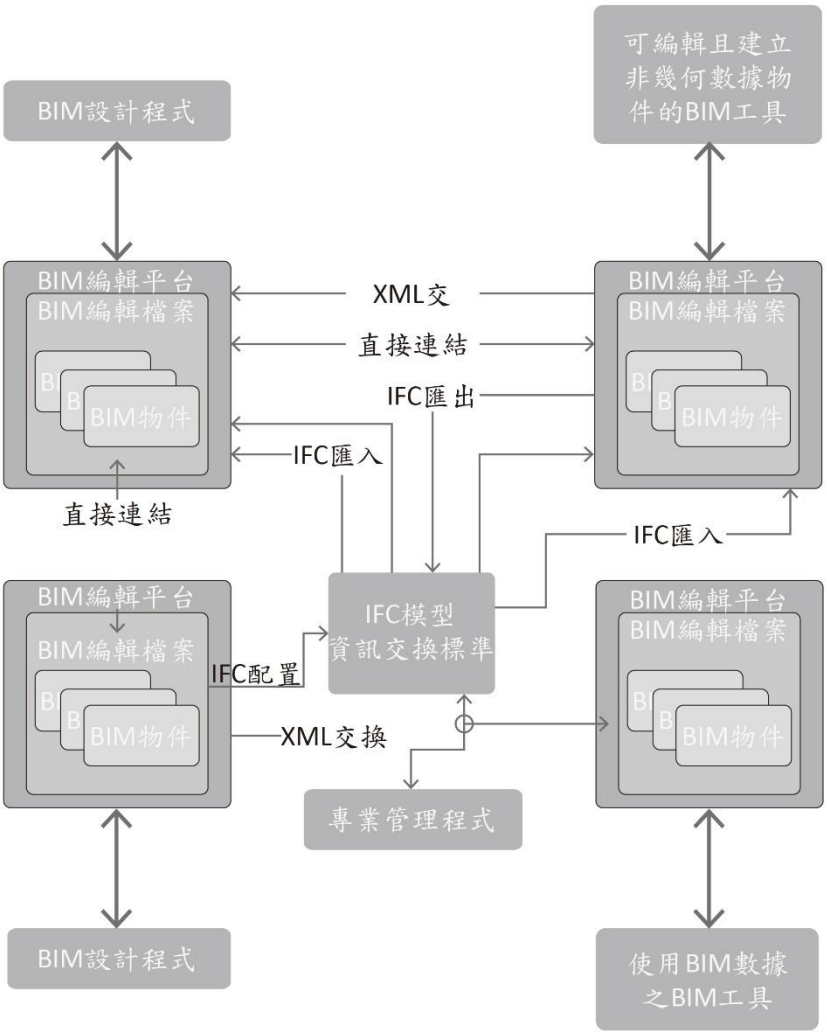


圖 3- 9 IFC 作業概念圖

6. IFC 限制

IFC 是全球使用的「資訊交換標準」，世界各地政府機關已逐漸正式採用，當「建築資訊模組（BIM）」的模型視圖定義被執行和測試時，「資訊交換標準（IFC）」即會先面臨資料完全交換性的檢證。

Revit 目前對 IFC 的資訊交換標準有限，相較而言以 ArchiCAD 對於 IFC 資訊交換標準較優，但從 BIM 模型產出 IFC 之資訊，市面上聲稱支援 IFC 資訊交會標準的 BIM 商業應用軟體套件（例如：ArchiCAD、Bentley Architecture 與 Revit），目前仍未能透過對 IFC 的支援來提供軟體間資訊交換的無縫整合能力，因此 IFC 在支援「交互操作性（Interoperability）」解決方案上仍受限制。

將同樣的模型透過此三套軟體匯出成 IFC 格式後，三套軟體雖皆可轉成 IFC 格式，但對於 IFC 架構卻不盡相同。只有在第一階層有共同性之架構分類，第二層之 IFC 編定已有差異，造成版本間資訊轉換困難的瓶頸。

7. IFC 結論

本研究不採用 IFC 原因如下：

(1) IFC 資訊交換標準本身需要先發展成熟。

(2) 檢討模型的 IFC 資訊交換是否全面無縫整合。

(3) 綜上兩者所述，建置的模型資料才有意義。

(4) 系統模型資料反覆檢證所耗費時間較長。

(5) 整體開發時程歷時較久。

(6) 其他。

以台北市政府及新北市政府「建造執照電腦輔助查核系統」為例，計畫緣起及系統建置已從 2010 年初持續至今約耗時五年，目前仍尚在測試與修正階段。且其作業層級位於本研究方法歸類之「Template」，未來若進行到「API」及「IFC」，尚有一段時程與技術之落差，故 IFC 之專業性分析軟體的開發並非目前本研究範圍。

柒、 BIM 標準作業規範

1. BIM 標準作業規範概念

隨著 AEC 產業發展日趨成熟，導入 BIM 協同作業於建築物生命週期，為降低「整合性專案交付（IPD）」交換性不足產生之額外成本，應制定 BIM 標準作業規範，同時將 IDM 與 MVD 之概念導入，擬定工作流程，消除多餘步驟，改進作業程序，將有效地統一化「管理精簡工作流程」，減少溝通與修正時的無形成本。本研究係將標準作業流程分為三部分：

(1) BIM 標準作業規範建築專案團隊（圖 3-10）。

(2) BIM 標準作業規範基本元件組構圖（圖 3-11）。

(3) BIM 標準作業規範流程（圖 3-12）。

2. BIM 標準作業規範建築專案團隊

「資訊交付管理 IDM（Information Delivery Management）」與「模型檢視圖定義 MVD（Model View Definitions）」是 BIM 標準作業規範系統發展的第一步。

IDM 即是在整體建築物生命週期中，如何來擷取特定過程及資訊傳達（Information Delivery Manual），是資訊如何傳遞的過程，也就是建築師、營造廠及其他單位等之間資訊的傳遞方法。

BIM 的資訊是依據「模型檢視圖定義 MVD（Model View Definitions）」所定義，包括具有 3D 與 2D 的幾何資訊、材質與屬性參數、關聯與連接等資訊。MVD 是屬於 IFC 架構的子集（Subset），建築物生命週期中，不論 BIM 是透過公開或是專屬的交換，MVD 皆能定義出一個有效的標準項目資訊交換，以此來支援 BIM 標準作業規範，有助於建築物生命週期中之「整合性專案交付（IPD）」的交換性提升（圖 3-12）。

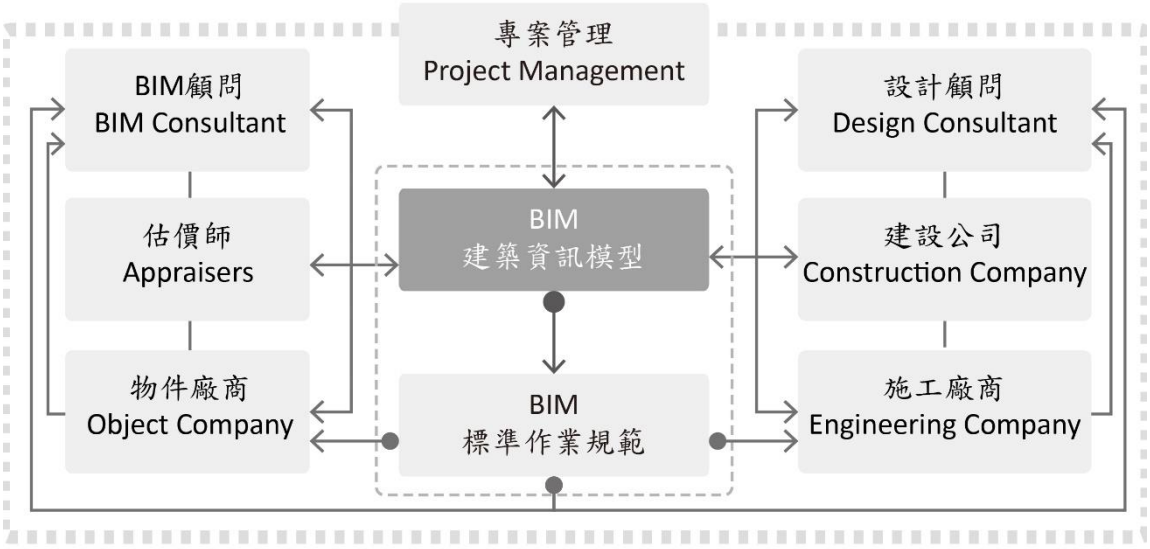


圖 3- 10 BIM 標準作業規範建築專案團隊

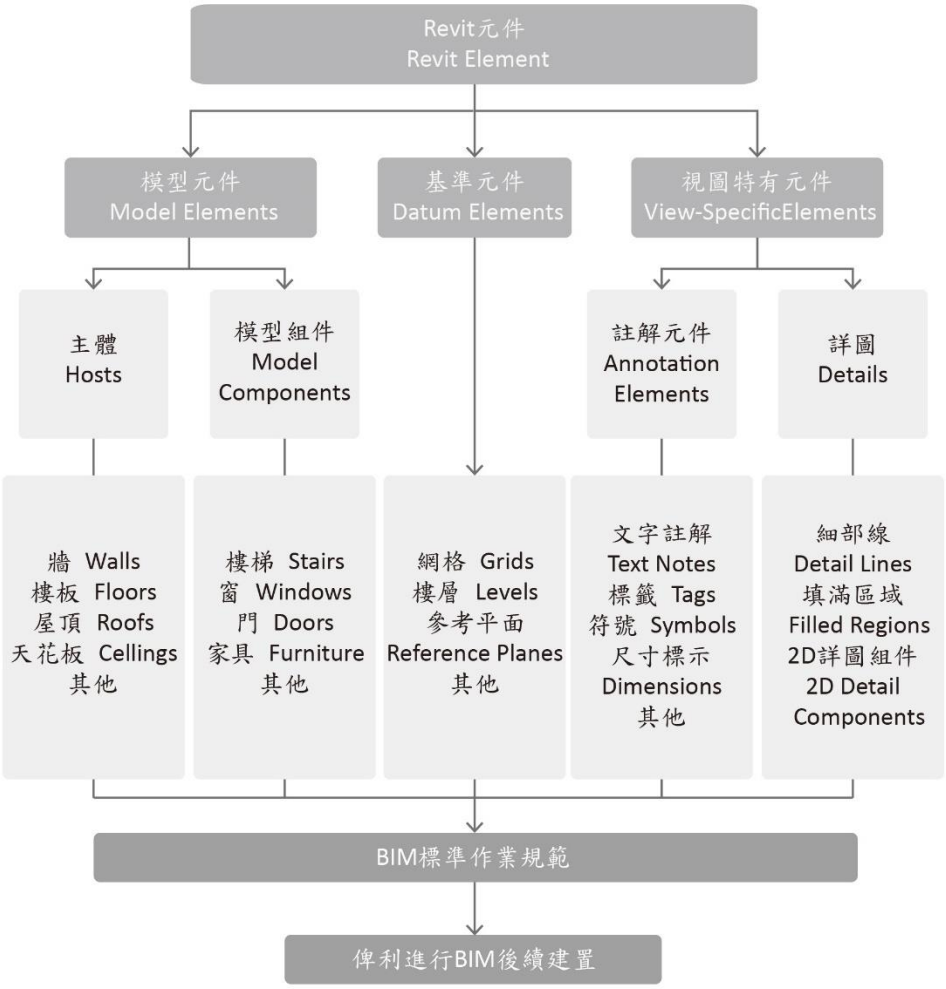
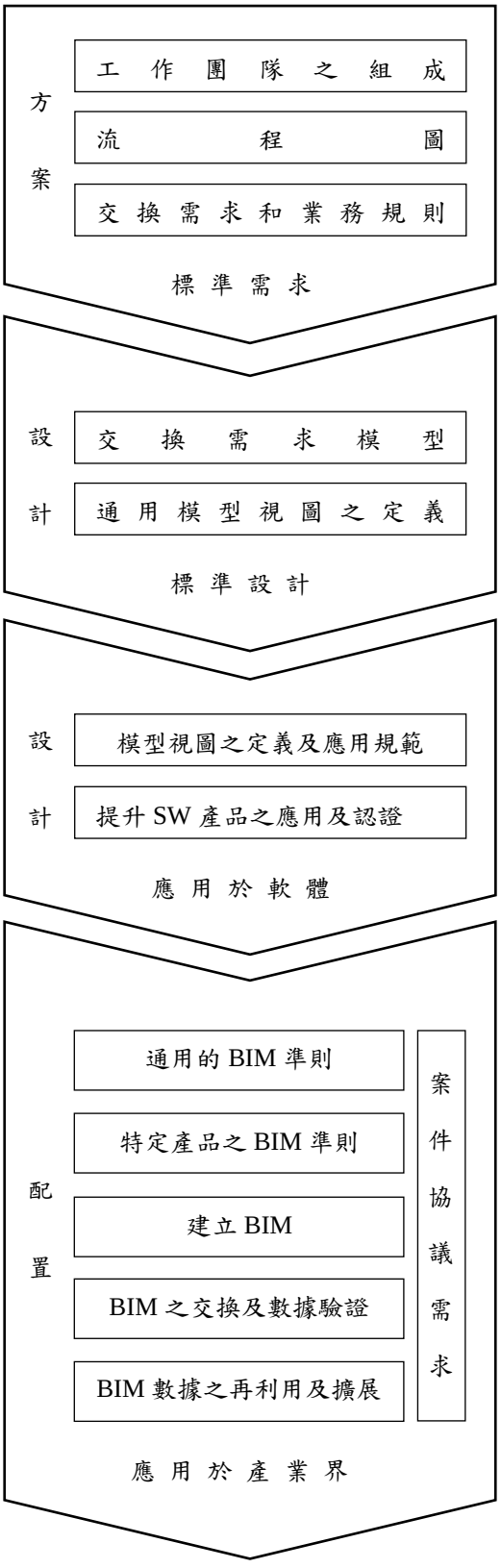


圖 3- 11 BIM 標準作業規範基本元件組構圖

3. BIM 標準作業規範流程

（圖 3.12）顯示了用於定義和實踐 NBIMS 的四個主要步驟：規劃、設計、建構和應用，建築物生命週期中之 BIM 應用需依照 BIM 標準作業規範流程作業，提升協同作業。



＜規　　劃＞

1. 利益團體的形成，定位資源和（或）定義新需求。
2. 過程簡介，並且由經驗豐富的主題專家同意每個交換所需的必要、可選、和可變數據。

＜設　　計＞

1. 一般的集合日期
2. 用非特定軟體來說明如何由裝置

＜建　　構＞

1. 資料與 IFC 特定版本的重要具體關聯。
2. NBIMS 與執行技術交換定義至它們軟體的軟體供應商合作，並且

＜應　　用＞

一、 個別團體制定合約同意使用非特定產品的 BIM 指南來提供 BIM 功能。

二、 專案團體使用 Certufued 軟體和特定產品的 BIM 指南來建立 BIMs，使用驗證軟體進行內容檢查。

三、 使用驗證軟體檢查 BIM 建構和資料內容。

四、 獲得認證的軟體使用 BIMs 於多

圖 3- 12 BIM 標準作業規範流程(資料來源：建構 BIM 中「建築物防火避難安全性能驗證」執行技術分析與導入個案驗證之研究)

捌、 Autodesk Revit 執行技術架構

1. Revit 發展背景

Revit 最先由 Charles River 軟體公司成立於 1997 年 10 月 31 日的美國馬薩諸塞州牛頓郡，為 Parametric Technology 的 Pro/Engineer 機械設計軟體的兩位關鍵開發人員 Leonid Raiz 和 Irwin Jungreis 所創。西元 2002 年 2 月，由 Autodesk 公司併購，同時宣布該年為 BIM 元年，從此便以 Revit 為主力來積極推動 BIM 在建築領域之應用。

2. Revit 應用層面

Revit 能支援的層面架構的研究方法與應用，為目前業界最廣泛地使用，同時台北市政府與新北市政府推行的「建造執照電腦輔助查核系統」政策係屬於採用 Revit 之「Template 樣版與明細表」概念。

3. Revit 限制

Revit 是一種以記憶體為主的系統，對於專案大於約 300MB 時，它會明顯地減慢，且參數化定義有一些限制，只能支援有限的複雜曲面，缺少物件層次的時間戳記，Revit 尚未完全提供 BIM 環境中必須的完整物件管理。

4. Revit 優勢

Revit 產品有兩項關鍵性特色，即是使用一個圖形化的「族群編輯器」創建參數化構件，而非使用程式語言的方式；另一個即是所有模型元組件、視圖和注釋之間的關係，皆擷取自同一模型，確保任何元件的變化都會自動傳播，且模型資訊的一致性得以維持。

Revit 擁有一個非常廣大的物件庫，由 Revit 或協力廠商開發，由於其市場優勢地位，Revit 是與其他 BIM 工具直接連結介面的最佳平台，其雙向圖紙支援允許從圖面和模型視圖中更新和管理資訊，包括物件導向與物件參數化的明細表，能支援在同一專案上並列操作，且它有一個優良的「物件庫（SEEK）」，支援多使用者的介面。

5. Revit 結論

Revit 能支援上述層面架構的研究方法與應用，因此本研究係以 Revit 作為 BIM 平台的工具，協助未來嘗試建立整體「建築物生命週期」之「建築資訊模組（BIM）」的準則，目前業界最廣泛地使用，同時台北市政府與新北市政府「建造執照電腦輔助查核系統」係屬於「Template 樣版與明細表」概念之政策

推行，是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步，足以進行整合與運用。

第四節 研究方法確立與結論

「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」之精神是以量化的計算公式提供避難安全性能驗證，可供使用者在建置 Excel 時方便輔助計算，能較清楚地了解系統建置時的錯誤檢證與依據。除了提供手動計算與驗證作為基礎，亦可進行 Excel 建置輔助作業，對於未來應用 BIM 技術時，將能大幅提升運算效率，減少人工成本損失。現行作業是以 2D 輔助 BIM 階段，若要全面化推行 BIM，必須先經參數分析與歸類之後，才得以有效地將「Template 防火避難樣版」整合完全，後續研究可以進一步地應用「IFC 資訊交換標準」平台進行整合，BIM 資訊與技術方得以全面化。

「IFC 資訊交換標準」係屬於共同制定的資訊交換標準，係屬於較為複雜之程式應用與開發，對於本研究將「建築物防火避難安全性能驗證」初步導入 BIM，尚有人為經驗判斷與操作之部分，目前資訊技術仍無法全面地有效應用與整合，其執行技術係礙於資訊技術層面的限制，因此本研究不予採用。

本研究將「Template 防火避難樣版之建築物防火避難安全性能驗證」的「參數分類表」，區分為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」。其中「樣版自動建置之參數」是屬於本章節所歸類之「Template 樣版與明細表」，其作業度為「BIM 輔助 2D 作業階段」，與現行「2D 輔助 BIM 作業階段」之 AutoCAD 作業度類似，使用與操作上較為簡易且容易上手；「外掛程式應變之變數」是屬於「API 資料格式轉換」階段。以新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」為發展概念，是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步，亦是作為 BIM 整合整體「建築物生命週期」的第一步。故本研究係以此之概念作為延續，將「建築物防火避難安全性能驗證」參數資訊導入 BIM 技術以輔助進行避難安全性能驗證作業，作為應用 BIM 系統協助進行「建築物防火避難安全性能驗證」之開端。

第四章 Template 防火避難樣版系統設置與應用

第一節 以「Template 防火避難樣版」輔助建築物防火避難性能驗證之執行技術架構

以 BIM 技術輔助「建築物防火避難安全性能驗證」之執行技術架構，建置「Template 防火避難樣版」BIM 系統之研究方法構成關係如圖 4-1 說明。

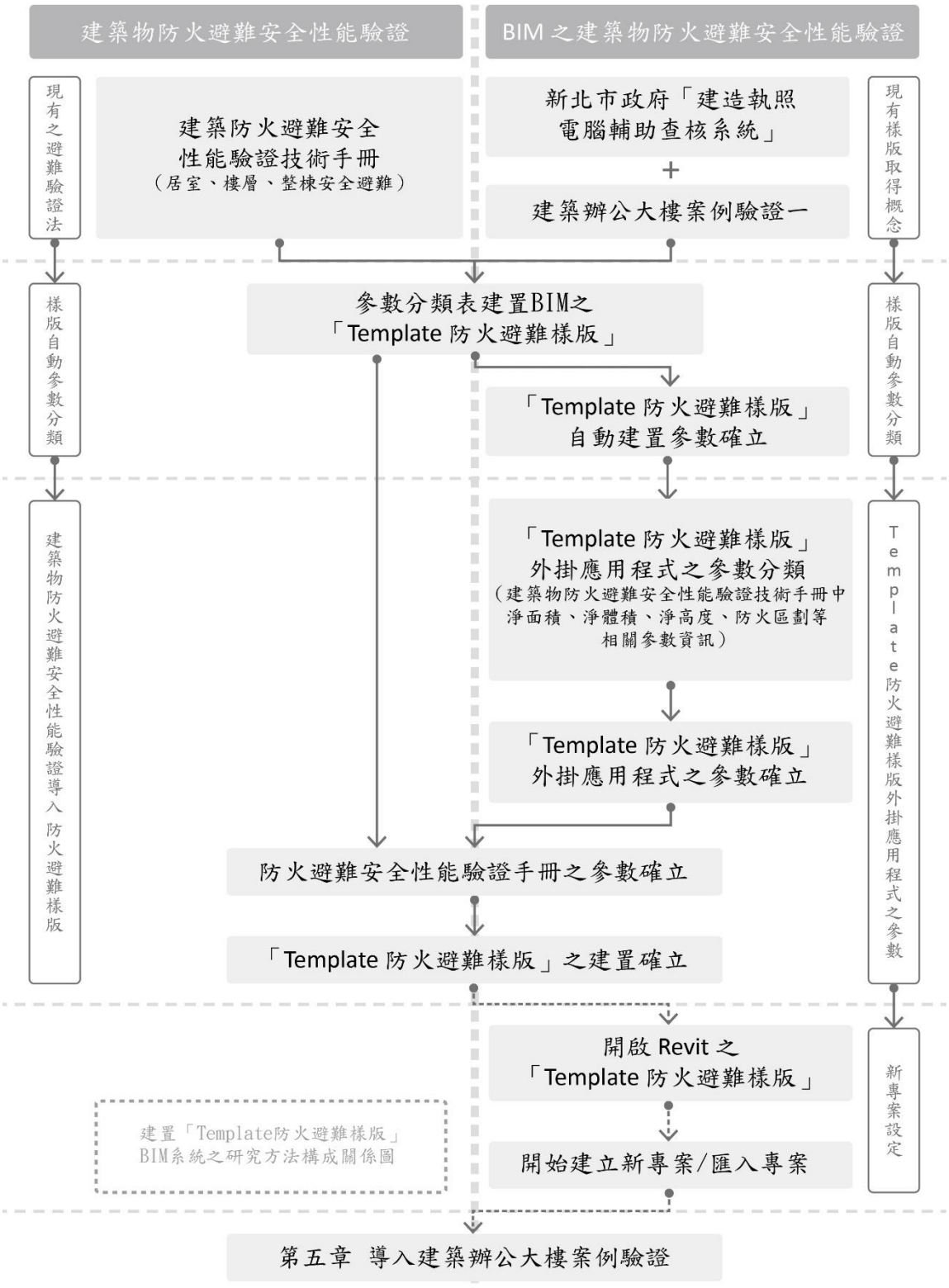


圖 4-1 研究方法構成關係

第二節 建置防火避難樣版參數之確立

壹、 Template 防火避難樣版介面設定資源

本研究以新北市政府「建造執照電腦輔助查核系統」之中的「Sample 樣版與明細表」為發展概念，利用案例驗證與「建築物防火避難安全性能驗證手冊」中的參數資訊，導入 BIM 中，建置出「Template 防火避難樣版」，作為應用 BIM 技術輔助進行建築物防火避難安全性能驗證的開端。

其中「Template 防火避難樣版」僅能呈現「物件導向」之物件參數資訊於「明細表」中，無法在「樣版與明細表」內建系統建置以「Excel」為屬性的公式語言模式，因此進行「建築物防火避難安全性能驗證」計算時，構成關係如圖 4-2 說明。

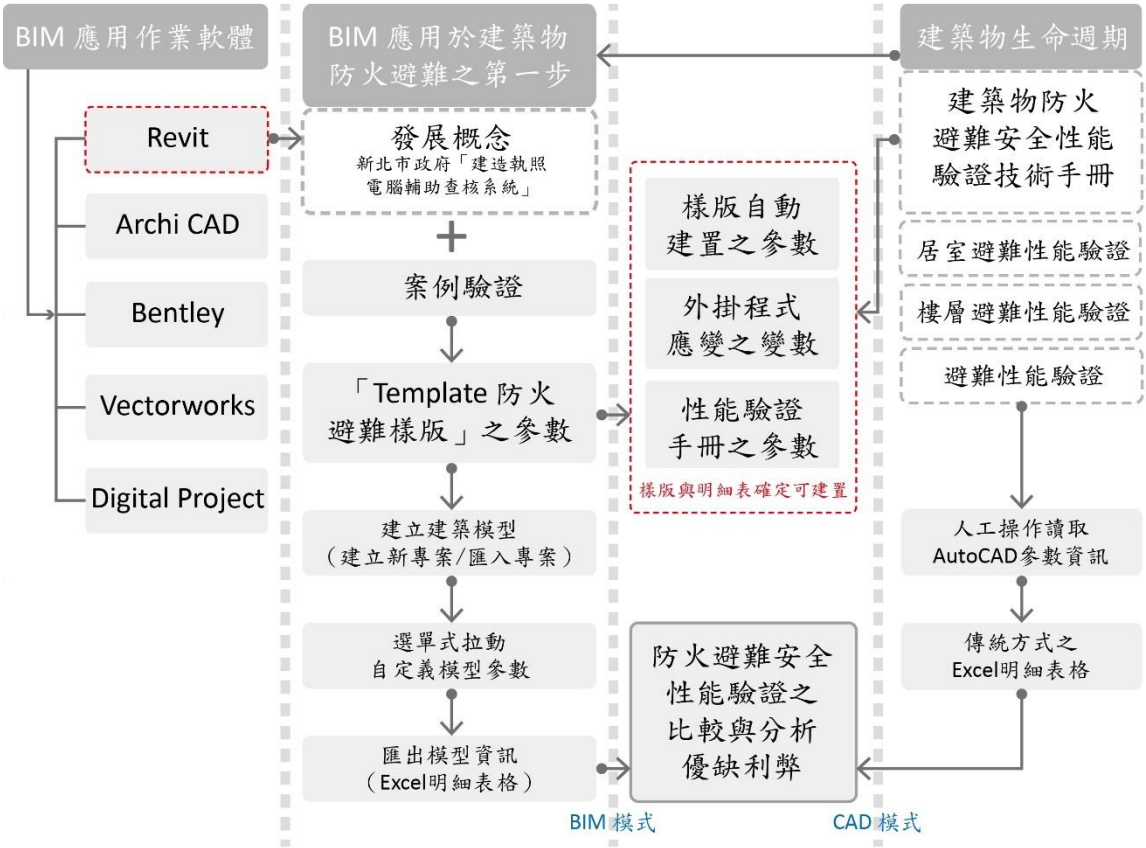


圖 4- 2 Template 樣版參數設定資源研究方法構成關係

貳、 建置樣版參數分類表

有關「建築物防火避難安全性能驗證」之相關參數，依據「Template 樣版介面設定資源」，將「Template 防火避難樣版之建築物防火避難安全性能驗證」的「參數分類表」，區分為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」。其中「樣版自動建置之參數」以自動連動方式生成選單式拉動參數；「外掛程式應變之變數」以 API 外掛程式建置其他變因之變數參數（函數中比大比小值等）；而「性能驗證技術手冊之參數」如下表 4-1 所示。

表 4-1 建築物防火避難安全性能驗證參數分類表

建築物防火避難-居室避難性能驗證參數					樣版自動建置	外掛程式應用	性能驗證技術手冊
計算項目	代表符號	單位	指令	參照建築物防火避難安全性能驗證技術手冊公式說明			
一、居室避難開始時間							
居室面積	A_{area}	m^2	連動生成數值	2.6 節	●		
居室避難開始時間	t_{sart}	min	=ROUND((D30)^(0.5)/30,3)	公式(2.4)		●	
二、居室步行時間							
最大步行距離	l_i	m	連動生成數值	2.8 節	●		
步行速度	v	m/min	連動生成數值	2.9 節	●		
居室步行時間	t_{travel}	min	=ROUND(D6/D7,3)	公式(2.5)		●	
三、通過出口所需時間							
居室內人員密度	p	人/m^2	參數數值選擇	表 2-5			●
收容人數	$\sum pA_{area}$	人	已知或 =ROUND(D3*D10,3)	2.12 節		●	
有效出口流動係數(1)	N_{eff}	人/min*m	連動生成數值	2.13 節	●		
有效出口寬度（2）	B_{eff}	m	連動生成數值	2.17 節	●		
通過出口所需時間	t_{queue}	min	=ROUND((D11)/(D12*D13),3)	公式(2.6)		●	

(1)有效出口流動係數計算							
可滯留面積	A_{co}	m^2	連動生成數值	2.14 節	●		
必要滯留面積	a_n	m^2/人	連動生成數值	表 2-7	●		
可滯留人數	$\sum A_{co}/a_n$	人	=ROUND(D16/D17,0)	2.14 節		●	
避難對象居室面積	A_{load}	m^2	連動生成數值	2.15 節	●		
避難對象人數	$\sum pA_{area}$	人	已知或 =ROUND(D10*D19,0)	2.15 節		●	
最小出口寬度	B_{neck}	m	連動生成數值	2.16 節	●		
該居室出口寬度	B_{room}	m	連動生成數值	2.16 節	●		
避難路線出口總寬度	B_{load}	m	連動生成數值	2.16 節	●		
有效出口流動係數	N_{eff}	人/min*m	=IF(D18>D20,90,MAX((80*D21*D18)/(D22*D20),(80*D21)/D23))	公式(2.9)		●	
(2)有效出口寬度計算							
出口到達時間	t_{reach}	min	=D4+D8	公式(2.12)		●	
堆積可燃物發熱量	q_l	MJ/m^2	參數數值選擇	表 2-8			●
堆積可燃物火災成長率	α_f	-	=IF(D27<170,0.0125,0.0000026*(D27)^(5/3))	公式(2.13)		●	
裝修材料火災成長率	α_f	-	參數數值選擇	表 2-10			●
火災擴大時間	$0.14/\sqrt{\alpha_f}+\sqrt{\alpha_m}$	min	=ROUND(0.14/(D28+D29)^0.5,3)	2.17 節		●	
最大出口寬度	B_{room}	m	連動生成數值		●		
有效出口寬度	B_{eff}	m	=IF(D26<D30,D31,MAX(ROUND(D31-(7.2*((D28+D29)^0.5)*D26)+1,3),0))	公式(2.10)及公式(2.11)		●	
其他出口的總寬度	B_{eff}''	m	連動生成數值		●		
有效出口寬度合計	$\sum B_{eff}$	m	連動生成數值		●		
居室避難所需時間	$t_{start}+t_{travel}+t_{queqe}$	min	=D4+D8+D14	公式(2.29)		●	

四、煙層下降時間							
該居室樓地板面積	A_{room}	m^2	連動生成數值	2.21~2.22 節	●		
居室平均天花板高度	H_{room}	m	連動生成數值	2.22.3 節	●		
煙之產生量	V_s	m^3/min	=ROUND(9*((D28+D29)*D37)^(1/3)*((D45)^(5/3)+(D45-D38+1.8)^(5/3)),3)	公式(2.16)		●	
有效排煙量(3)	V_e	m^3/min	連動生成數值		●		
煙層下降時間	t_s	min	=ROUND((D378(D38-1.8))/MAX(D39-D40,0.01),3)	公式(2.14)		●	
(3)有效排煙量之計算							
有效開口部平均高度	$\overline{H}_{st}$	m	參數數值選擇	2.24.3 節			●
最大天花板高度	H_{top}	m	參數數值選擇	2.24.3 節			●
最低天花板高度	H_{low}	m	參數數值選擇	2.23.1 節			●
有效開口部中心高度	H_c	m	參數數值選擇	2.28.3 節			●
機械排煙量	W	m^3/min	參數數值選擇	2.28.3 節			●
有效開口部排煙量	E	m^3/min	=MIN(D47.ROUND(3.9*(D46-1.8)*D47^(2/3),3))	公式(2.27)		●	
有效排煙量	V_e	m^3/min	=ROUND(0.4*((D43-1.8)/(D44-1.8))*D48,3)	公式(2.19)		●	
判定							
居室完成避難所需時間	$t_{start}+t_{travel}+t_{queue}$	min	=D35	公式(2.29)		●	
居室煙層下降時間	t_s	min	=D41	公式(2.14)		●	
判定							
			=IF(D51<D52,「安全」,「危險」)	2.30.2 節		●	

建築物防火避難-樓層避難性能驗證參數					樣版自動建置	外掛程式應用	性能驗證技術手冊
計算項目	代表符號	單位	指令	參照建築物防火避難安全性能驗證技術手冊公式說明			
一、樓層避難開始時間							
該樓層之樓地板面積	A_{floor}	m^2	連動生成數值	3.2 節	●		
樓層避難開始時間	t_{sart}	min	=ROUND(((D3)^(0.5))/30+3,3)	公式(3.1)及(3.2)		●	
二、樓層步行時間							
最大步行距離	l_i	m	連動生成數值	3.4 節	●		
步行速度	v	m/分	連動生成數值	3.5 節	●		
樓層步行時間	t_{travel}	min	=ROUND(D6/D7,3)	公式(3.3)		●	
三、通過樓梯出口所需時間							
居室內人員密度	p	人/m^2	參數數值選擇	表 2-3			●
收容人數	ΣpA_{area}	人	已知或=D18	3.7 節		●	
有效出口流動係數(1)	N_{eff}	人/min*m	連動生成數值	3.9 節	●		
有效出口寬度	B_{eff}	m	連動生成數值	3.8 節	●		
通過出口所需時間	t_{queue}	min	=ROUND((D11)/(D12*D13),3)	公式(3.4)		●	
(1) 有效出口流動係數計算							
可滯留面積	A_{st}	m^2	連動生成數值	3.9.2 節	●		
避難人員居室面積	A_{load}	m^2	連動生成數值	3.9 節	●		
產生滯留人數	ΣpA_{load}	人	已知或=D10*D17	3.9 節		●	
避難逃生人數	$0.25\Sigma pA_{load}$	人	=ROUND(0.25*D18,0)	表 3-1		●	
最小出口寬度	B_{neck}	m	連動生成數值	3.10 節	●		
該居室出口寬度	B_{st}	m	連動生成數值	3.8 節	●		
有效出口流動係數	N_{eff}	人/min*m	=IF(D16>D19,90,((320*D20*D16)/(D21*D18))	公式(3.5)~(3.7)		●	
四、樓層避難所需時間							

樓層避難所需時間	$t_{start}+t_{travel}+t_{queqe}$	min	=D4+D8+D14	公式(3.19)		●	
五、居室煙層下降時間							
該居室樓地板面積	A_{room}	m^2	連動生成數值	3.12 節	●		
居室平均天花板高度	H_{room}	m	參數數值選擇	3.12 節			●
界煙層高度	H_{lim}	m	參數數值選擇	3.13 節			●
煙之產生量(2)	V_s	m^3/min	連動生成數值	公式(3.11)	●		
有效排煙量(3)	V_e	m^3/min	連動生成數值	公式(3.13)	●		
煙層下降時間	t_{sl}	min	=ROUND((D25*(D26-D27))/MAX(D28-D29,0.01),3)	公式(3.10)		●	
(2) 煙生成量							
最低天花板高度	H_{low}	m	參數數值選擇	3.14.1 節			●
堆積可燃物發熱量	q_l	MJ/m^2	參數數值選擇	表 2-8			●
堆積可燃物火災成長率	α_f	-	=IF(D33<170,0.0125,0.0000026*(D33)^(5/3))	公式(2.13)		●	
裝修材料火災成長率	α_f	-	參數數值選擇	表 2-10			●
煙之產生量	V_s	m^3/min	=ROUND(9*((D34+D35)*D25)^(1/3)*((D32)^(5/3)+(D32-D26+D27)^(5/3)),3)	公式(3.11)		●	
(3)有效排煙量之計算							
有效開口部平均高度	$\overline{H_{st}}$	m	連動生成數值	3.15.3 節	●		
最大天花板高度	H_{top}	m	連動生成數值	3.15.3 節	●		
有效開口部中心高度	H_c	m	連動生成數值	3.17.2 節	●		
機械排煙量	W	m^3/min	連動生成數值	3.17.2 節	●		
有效開口部排煙量	E	m^3/min	=MIN(D41.ROUND(3.9*(D40-D27)*D41^(2/3),3))	公式(3.17)		●	
有效排煙量	V_e	m^3/min	=ROUND(0.4*((D38-D27)/(D39-D27))*D42,3)	公式(3.13)		●	

六、走廊煙層下降時間							
開口部面積	A_{op}	m^2	連動生成數值	3.14.2 節	●		
煙生成量	V_s	m^3/min	=2*D45	表 3-3	●		
走廊樓地板面積	A_{room}	m^2	連動生成數值	3.12 節	●		
走廊天花板高度	H_{room}	m	參數數值選擇	3.12 節			●
有效排煙量	V_e	m^3/min	無任何排煙設施，故 V_e 值取 0			●	
走廊煙層下降時間	t_{s2}	min	=ROUND((D47*(D48-D27))/MAX(D46-D49,0.01),3)	公式(3.10)		●	
判定							
樓層避難所需時間	$t_{start}+t_{travel}+t_{quequ}$	min	連動生成數值	公式(3.19)	●		
樓層煙層下降時間	$t_{s1}+t_{s2}$	min	連動生成數值	公式(3.8)~(3.9)	●		
判定							
			=IF(D52<D53,「安全」,「危險」)	3.18.2 節		●	

建築物防火避難-整棟避難性能驗證參數					樣版自動建置	外掛程式應用	性能驗證技術手冊
計算項目	代表符號	單位	指令	參照建築物防火避難安全性能驗證技術手冊公式說明			
一、樓層避難開始時間							
該樓層之樓地板面積	A_{floor}	m^2	連動生成數值	4.2 節	●		
樓層避難開始時間	t_{sart}	min	=ROUND((2*(D3)^(0.5))/15+3,3)	公式(4.1)及(4.2)		●	
二、樓層步行時間							
最大步行距離	l_i	m	連動生成數值	4.3 節	●		
步行速度	v	m/分	參數數值選擇	4.3 節			●
樓層步行時間(1)	t_{travel}	min	=ROUND(D6/D7,3)	公式(4.3)		●	
直通樓梯步行距離	l_i	m	連動生成數值	4.3 節	●		
步行速度	v	m/分	連動生成數值	4.3 節	●		
到達避難層之步行時間(2)	t_{travel}	min	=ROUND(D9/D10,3)	公式(4.3)		●	
避難層步行距離	l_i	m	連動生成數值	4.3 節	●		
步行速度	v	m/分	參數數值選擇	4.3 節			●
到達避難層出口之步行時間(3)	t_{travel}	min	=ROUND(D12/D13,3)	公式(4.3)		●	
整棟避難步行時間	t_{travel}	min	連動生成數值	4.4 節	●		
三、通過樓梯出口所需時間							
居室內人員密度	p	人/m^2	參數數值選擇	表 2-3	●		
收容人數	ΣpA_{area}	人	連動生成數值	4.7 節	●		
有效出口流動係數(1)	N_{eff}	人/min*m	連動生成數值	4.9 節	●		
有效出口寬度	B_d	m	連動生成數值	4.8 節	●		
通過出口所需時間	t_{queue}	min	=ROUND((D18)/(D19*D20),3)	公式(4.4)		●	

(1) 有效出口流動係數計算							
可滯留面積	ΣA_{st}	m^2	連動生成數值	4.9.2 節	●		
避難人員居室面積	A_{load}	m^2	連動生成數值	4.9 節	●		
產生滯留人數	ΣpA_{load}	人	已知或=D17*D24(收容人數自行限定)	4.9 節		●	
避難逃生人數	$0.25\Sigma pA_{load}$	人	=ROUND(0.25*D25,0)	表 4-1		●	
最小出口寬度	B_{neck}	m	連動生成數值	4.8 節	●		
該居室出口寬度	B_{st}	m	連動生成數值	4.8 節	●		
有效出口流動係數	N_{eff}	人/min*m	=IF(D23>D26,80,((320*D27*D23)/(D28*D25))	表 4-1		●	
四、樓層避難所需時間							
樓層避難所需時間	$t_{start}+t_{travel}+t_{quequ}$	min	=D4+D15+D21	圖 4-1		●	
五、居室煙層下降時間							
該居室樓地板面積	A_{room}	m^2	連動生成數值	4.11 節	●		
居室平均天花板高度	H_{room}	m	連動生成數值	4.11 節	●		
邊界煙層高度	H_{lim}	m	連動生成數值	4.12 節	●		
煙之產生量(2)	V_s	m^3/min	=D43	公式(4.11)		●	
有效排煙量(3)	V_e	m^3/min	=D50	公式(4.13)		●	
煙層下降時間	t_{sl}	min	=ROUND((D32*(D33-D34))/MAX(D35-D36,0.01),3)	公式(4.10)		●	
(2) 煙生成量							
最低天花板高度	H_{low}	m	參數數值選擇	4.14.1 節			●
堆積可燃物發熱量	q_l	MJ/m^2	參數數值選擇	表 2-8			●
堆積可燃物火災成長率	α_f	-	=IF(D40<170,0.0125,0.0000026*(D40)^(5/3))	公式(2.13)		●	
裝修材料火災成長率	α_f	-	參數數值選擇	表 2-10			●

煙之產生量	V_s	m^3/min	=ROUND(9*((D41+D42)*D32)^(1/3)*((D39)^(5/3)+(D39-D33+D34)^(5/3)),3)	公式(4.11)		●	
(3)有效排煙量之計算							
有效開口部平均高度	$\overline{H_{st}}$	m	參數數值選擇	3.15.3 節			●
最大天花板高度	H_{top}	m	參數數值選擇	3.15.3 節			●
有效開口部中心高度	H_c	m	參數數值選擇	3.17.2 節			●
機械排煙量	W	m^3/min	參數數值選擇	3.17.2 節			●
有效開口部排煙量	E	m^3/min	=MIN(D48.ROUND(3.9*(D47-D34)*D48^(2/3),3))	公式(4.17)		●	
有效排煙量	V_e	m^3/min	=ROUND(0.4*((D45-D34)/(D46-D34))*D49,3)	公式(4.13)		●	
六、走廊煙層下降時間							
開口部面積	A_{op}	m^2	連動生成數值	4.13.2 節	●		
煙生成量	V_s	m^3/min	=0.2*D52	表 4-3	●		
走廊樓地板面積	A_{room}	m^2	連動生成數值	4.11 節	●		
走廊天花板高度	H_{room}	m	參數數值選擇	4.11 節			●
有效排煙量	V_e	m^3/min	無任何排煙設施，顧 V_e 值取 0			●	
走廊煙層下降時間	t_{s2}	min	=ROUND((D54*(D55-D34))/MAX(D53-D56,0.01),3)	公式(4.10)		●	
判定							
樓層避難所需時間	$t_{start}+t_{travel}+t_{queqe}$	min	連動生成數值	公式(4.19)	●		
樓層煙層下降時間	$t_{s1}+t_{s2}$	min	=D37+D57	公式(4.8)~(4.9)	●		
判定							

			=IF(D59<D60,「安全」,「危險」)	4.17.2 節		●	

參、 建置樣版參數確立

BIM 中依據本「Template 樣版介面設定資源」，將驗證參數分為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」三部分。本研究以新北市政府「建造執照電腦輔助查核系統」之中的「Sample 樣版與明細表」為發展概念，利用案例驗證與「建築物防火避難安全性能驗證手冊」中的參數資訊，導入 BIM 中，建置出「Template 防火避難樣版」，構成關係如前述圖 4-2 說明，其中依照表 4-1 之分類，再將「建築資訊模組（BIM）」中模型參數資訊，確立區分為以下種類：淨面積、淨體積、淨高度、淨窗開口面積、淨門開口面積、防火區劃等相關參數資訊。建置擁有這些參數資訊的明細表設定，並存成樣版檔（Template），供進行「建築物防火避難安全性能驗證」後續研究案可依本樣版為母體，針對通案做相對參數分析及規範後，可分版本加入設定，以利廣泛地運用與發展。

第三節 Template 系統建置與應用

壹、 樣版系統架構與應用

BIM 中依據「Template 樣版介面設定資源」，分為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」三部分，「Template 樣版參數架構」中系統建置開發，如本章節所述。

樣版架構主要分為「元件」、「參數」與「標籤」三部分。「元件」部分係屬於物件導向之概念，將物件參數資訊予以呈現明細表後再行進行應用。「參數」部分亦分為三部分，分為「元件分類」、「運算使用」及「加入屬性」。「標籤」部分則為「人工識別」之方式，依照經驗判斷將資訊參數予以輸入。上述「元件」、「參數」與「標籤」三部分得以匯出參數資料庫之方式作為後續應用。

以下係針對「參數」部分進行樣版建置與說明應用。「元件分類」係屬將「元件」之物件導向概念予以分類後，再將物件參數資訊予以呈現明細表後做相關應用，本研究係針對「（防火）門」與「（防火）窗」做應用。「運算使用」係使用「區域（Area）」參數與「房間（Room）」參數予以運用，本研究係針對「區域（Area）」參數予以定義「防火區劃」；並運用「房間（Room）」參數予以定義「各居室淨面積」，再依據面積以物件導向之概念得出「各居室淨體積」，再依照面積與體積使系統自行辨別出「各居室淨（平均）高度」。「加入屬性」係針對「（防火）門」與「（防火）窗」部分進行本研究之「防火時效」與「防火避難參數」之數值輸入。其構成關係如圖 4-3 說明。

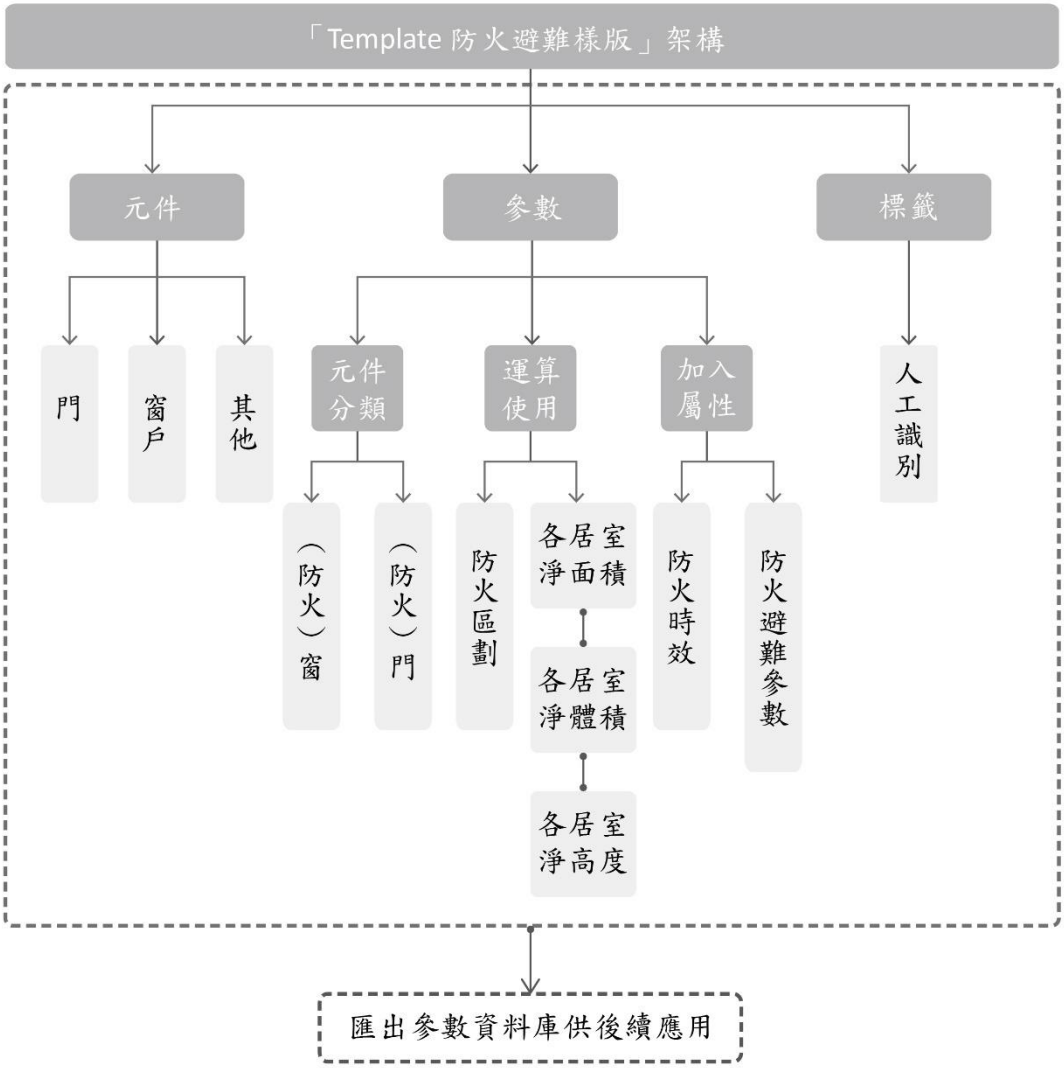


圖 4- 3 樣版系統架構

貳、 Revit 檔案格式

Revit 主要分為四種檔案格式，其相關描述如表 4-2 說明。

表 4- 2 Revit 檔案格式

編號	副檔名	說　　明
(1)	.rft	Revit 之族群樣版檔，即供建置族群使用之族群樣版。
(2)	.rte	Revit 之專案樣版檔，即供建置模型使用之專案樣版。
(3)	.rvt	Revit 之模型專案檔，即主要建置 BIM 建築模型檔案。
(4)	.rfa	Revit 載入族群元件檔，即可提供匯入模型之族群元件。

BIM 精神：先建置樣版檔案，再開啟專案檔案，俾利進行 BIM 作業。

作業關係：(1)族群樣版檔→(2)專案樣版檔→(3)模型專案檔→(4)載入族群元件檔。

參、 Revit 檔案格式作業關係

Revit 檔案格式作業關係，必須先有(1)族群樣版檔（.rft），供建置族群使用；再依照專案需求，建置符合專案環境架構的(2)專案樣版檔（.rte）；再者執行專案進行時，將模型資訊存成(3)模型專案檔（.rvt）；若執行專案進行時，需要元件輔佐專案模型之建置，則載入(4)族群元件檔（.rfa）。其構成關係如圖 4-4 說明。

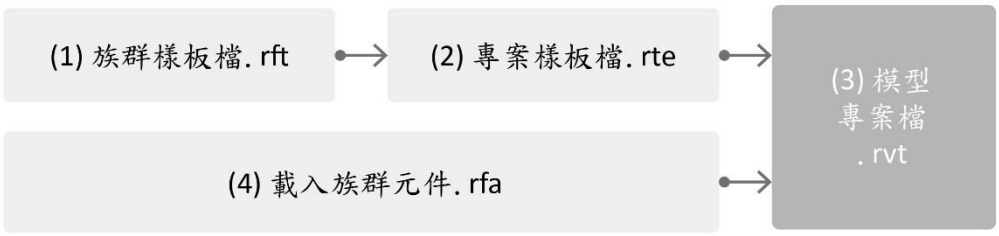


圖 4- 4 Revit 檔案格式作業關係

第五章 案例驗證與 Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊建立

第一節 導入個案驗證目的與架構

壹、導入個案驗證目的

現今 2D AutoCAD 在進行防火避難安全性能驗證時，都是以人工讀取 AutoCAD 圖面中的數據，再由人工輸入的方式進行計算作業，若是建築師事務所將原有圖面進行修正時，同樣需由人工檢查且再次輸入或進行修改，此方式不僅耗費人力與時間，亦有人工作業所導致數值輸入、輸出錯誤的可能。另外目前現行的輸入方式，並未將室內有關建築物結構主體中的梁、柱、分間牆等體積予以扣除，導致影響居室、樓層尺寸、煙層下降時間的計算，驗證結果中增加未扣除之虛有體積，產生實際可避難時間之浮報誤差以及避難安全性能驗證結果錯誤之可能。

BIM 物件導向之應用，是以空間中「體積」的方式將「淨」參數值匯出，有助於防火避難安全性能驗證對空間尺寸掌握的精確度，使煙層下降時間計算之驗證結果更趨近於實際值，提升建築物面積、參數數值等前提條件之精確度與避難安全性能驗證結果數值的精準度，確保收容人員可安全避難之時間。

本研究以新北市政府「建造執照電腦輔助查核系統」之中的「Sample 樣版與明細表」為發展概念，先後運用科技辦公大樓及住宅大樓進行案例驗證，並且加入「建築物防火避難安全性能驗證手冊」中的參數資訊導入 BIM 中，建置出「Template 防火避難樣版」初版。其係分為三部分討論，第一部分為原案例防火避難驗證公司利用人工讀取 AutoCAD 圖面中的數據，再由人工輸入的方式進行計算所生成的 Excel 表格；第二部分為本研究利用 BIM 物件導向所建置之「Template 防火避難樣版」初版所生成之表格；第三部分為第一部分與第二部分之數值結果差異進行比對，並且依據本研究樣版介面設定資源之參數分類，將參數分類為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」三大類之對應表格。

綜合上述，本研究導入個案驗證目的，是為運用 BIM 輔助建築防火避難安全性能驗證資訊化的開端，所初步建置之「Template 防火避難樣版」初版。除了建立數值資訊元件以及樣版外，提供初步使用手冊（詳見附錄七）給使用者進行最基本的初步審核驗證，達到(1) 提升使用者作業之便利性、(2) 提升前提條件參數數值的精確度、(3) 提升性能驗證結果數值的精準度、(4) 提升建築物之安全性、(5) 共享資料以減少重複作業的浪費、(6) 使用標準資料格式減少因檔案交換而產生的錯誤與遺漏；同時確立本研究採之執行技術可行性。

貳、導入個案驗證架構

1. Template 新增驗證參數

Template 樣版檔，其參數性質皆以法規精神為主軸建置，以面積為例，其參數係依牆中線作為建造執照面積審核為目標。然而「建築物防火避難安全性能驗證」係以居室空間之淨面積精神，有別於「建造執照樣版檔（Template）」，本研究係以「淨（Net）」值為目標建置為主，並將所建置之淨參數值與其合併，俾利供進行「建築物防火避難安全性能驗證」，以及日後廣泛地運用與發展。

於樣版（Template）建置「建築物防火避難安全性能驗證」淨參數值明細表設定時，依據「Template 樣版介面設定資源」，將驗證參數分為「Template 樣版可建置之參數」與「Template 樣版不可建置之參數」兩部分，「Template 樣版不可建置之參數」分別為「手冊前提參數」與「手動前提參數」，兩者均需要以「Excel 建置輔助作業」。

2. 專案設定

(1) 專案設定進行步驟茲分述如下：

第一步：開啟 Revit 與新建專案。

第二步：匯入樣版。

第三步：「專案單位、方位、座標」設定。

第四部：「樓層高度」、「樓板平面圖」及「建地平面圖」新增視圖與逐層建立。

第五步：儲存新專案設定。

(2) 建立 BIM 模型與「物件參數資訊定義」。

(3) 建立 BIM 模型進行步驟茲分述如下：

第一步：匯入 CAD 底圖。

第二步：建立 BIM 模型。

第三步：進行 BIM 模型物件導向之「物件參數資訊定義」匯出明細表

(4) 將 BIM 模型物件導向之「物件參數資訊」予以「匯出明細表」，其進行步驟茲分述如下：

第一步：了解匯出明細表概念。本研究所歸納出以 Template 進行匯出共有二種方法。

第二步：匯出明細表。將 BIM 模型物件導向之「物件參數資訊定義」予以匯出明細表，上述方法均能將「明細表」匯出為分隔符號文字「.txt」檔，該檔案可使用多種試算表程式開啟，例如：Excel、Access 及其他等。

第三步： 「BIM 取代前提條件參數」。BIM 模型中「物件參數資訊」匯出後，作為「BIM（Template）作業模式」之「BIM 取代前提條件參數」，其相關參數為建築物內相關尺寸數據。

3.進行「建築物防火避難安全性能驗證」

「建築物防火避難安全性能驗證」進行步驟茲分述如下：

(1) 第一部：確認匯出項目。確認匯出項目已包含「建築物防火避難安全性能驗證」中所有「BIM 取代前提條件參數」。

(2) 第二步：進行「建築物防火避難安全性能驗證」之「居室避難安全性能驗證」、「樓層避難安全性能驗證」及「整棟避難安全性能驗證」。

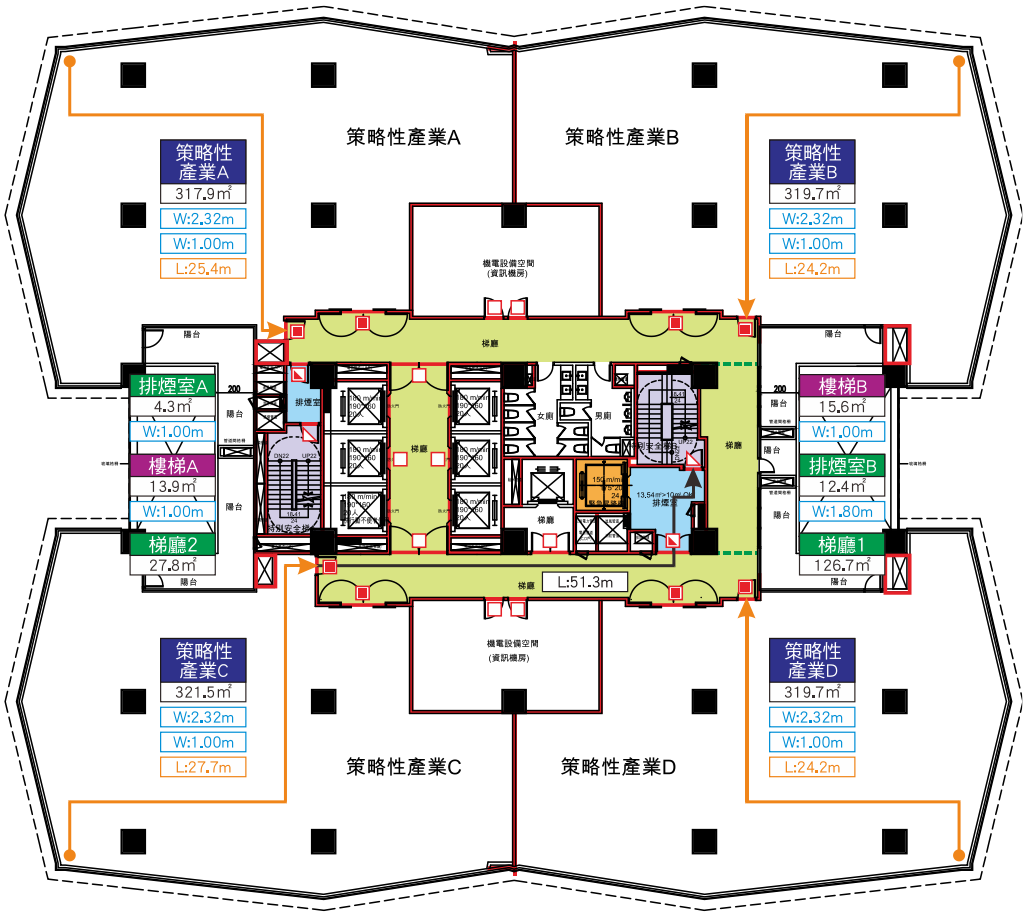
第二節　導入個案驗證簡介

壹、案例一：建設公司科技辦公大樓新建工程案

一、建築物概要

基地位置		台北市內湖區潭美段一小段 405、420、424、525、611 地號等 5 筆		
土地用途		金融機構(G-1)、辦公場所(G-2)、店鋪(G-3)		
面積	基地面積	10,898.00 m^2		
	建築面積	3,967.80 m^2	建蔽率	36.41 %
	總樓地板面積	80,657.88 m^2	容積率	382.50 %
	標準層面積	-		
樓層數	地上	30 層	屋突	3 層
	地下	4 層	構造	地上：鋼骨造 地下：鋼骨鋼筋混凝土造
高度	建築物高度	127.20 m	最高部分高度	-
			標準層樓高	-

二、以最大面積樓層之平面圖為說明範例（12F 面積：1771.49 平方公尺）



三、個案驗證之主要數值參數表

下列提擬項目為現今防火避難驗證公司主要生成的 Excel 表格，依據本研究樣版介面設定資源之參數分類表進行區分，分別為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」。經參數對照及驗證後，依目前防火避難驗證業界常使用之顏色表格為分色基準，設計 BIM 防火避難樣版之表格，樣版內之表格設計及公式為目前避難審查格式，適用目前避難審查標準。

1. 居室數值計算前提要件表

1-1 原 Excel 表格

居室名稱	用途	樓地板面積(㎡)	平均天花板高度(m)	步行速度(m/分)	人員密度(人/㎡)	可燃物發熱量(MJ/㎡)	室內裝修種類	居室避難最大直角步距(m)	出口寬度(m)與數量	排煙類別
策略性產業A	辦公空間	317.9	2.60	78	0.3	560	(耐一) 0.0035	25.4	2.32*1、1.00*1	機械排煙
策略性產業B	辦公空間	319.7	2.60	78	0.3	560	(耐一) 0.0035	24.2	2.32*1、1.00*1	機械排煙
策略性產業C	辦公空間	321.5	2.60	78	0.3	560	(耐一) 0.0035	27.7	2.32*1、1.00*1	機械排煙
策略性產業D	辦公空間	319.7	2.60	78	0.3	560	(耐一) 0.0035	24.2	2.32*1、1.00*1	機械排煙
梯廳1	避難路徑	126.7	2.50	78	—	—	—	—	—	無排煙設備
梯廳2	避難路徑	27.8	2.50	78	—	—	—	—	—	機械排煙
排煙室A	避難路徑	4.3	2.50	78	—	—	—	—	—	機械排煙
排煙室B	避難路徑	12.4	2.50	78	—	—	—	—	—	機械排煙
樓梯A	直通樓梯	13.9	—	—	—	—	—	—	—	無排煙設備
樓梯B	直通樓梯	15.6	—	—	—	—	—	—	—	無排煙設備

1-2 防火避難樣版表格

<_防火前提條件面積明細表 (樓地板面積)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
樓層	名稱	*用途(防火)	區域	*平均天花板高度(m)	*步行速	*人員密度(人/	*可燃物發熱量(	*室內裝修種類	居室避難最大直角步距(m)	出口寬度(m)	*排煙類別
12FL	*排煙室A	避難路徑	4.3 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			機械排煙
12FL	*排煙室B	避難路徑	12.4 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			機械排煙
12FL	*梯廳1	避難路徑	126.7 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			無排煙設備
12FL	*梯廳2	避難路徑	27.0 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			機械排煙
12FL	*樓梯A	避難路徑	13.9 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			無排煙設備
12FL	*樓梯B	避難路徑	15.6 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			無排煙設備
12FL	*策略性產業A	辦公空間	317.9 ㎡	2.6	78	0.3	560	(耐一)0.0035	25.40	2.32	機械排煙
12FL	*策略性產業B	辦公空間	319.7 ㎡	2.6	78	0.3	560	(耐一)0.0035	24.20	2.32	機械排煙
12FL	*策略性產業C	辦公空間	321.5 ㎡	2.6	78	0.3	560	(耐一)0.0035	27.70	2.32	機械排煙
12FL	*策略性產業D	辦公空間	319.7 ㎡	2.6	78	0.3	560	(耐一)0.0035	24.20	2.32	機械排煙
總計: 10			1478.6 ㎡								

1-3 參數分類對應表格

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	樣版自動建置之參數	外掛程式應變之變數	性能驗證技術手冊之參數
樓地板面積	m^2	策略性產業 A	317.9	317.9	±0	●		
	m^2	策略性產業 B	319.7	319.7	±0	●		
	m^2	策略性產業 C	321.5	321.5	±0	●		
	m^2	策略性產業 D	319.7	319.7	±0	●		
	m^2	梯廳 1	126.7	126.7	±0	●		
	m^2	梯廳 2	27.8	27.8	±0	●		
	m^2	排煙室 A	4.3	4.3	±0	●		
	m^2	排煙室 B	12.4	12.4	±0	●		
	m^2	樓梯 A	13.9	13.9	±0	●		
	m^2	樓梯 B	15.6	15.6	±0	●		

平均天花板高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 B	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 D	2.60	2.6	±0	●		
	m	梯廳 1	2.50	2.5	±0	●		
	m	梯廳 2	2.50	2.5	±0	●		
	m	排煙室 A	2.50	2.5	±0	●		
	m	排煙室 B	2.50	2.5	±0	●		
	m	樓梯 A	-	2.5	-	●		
	m	樓梯 B	-	2.5	-	●		
步行速度	m/分	策略性產業 A	78	78	±0			●
	m/分	策略性產業 B	78	78	±0			●
	m/分	策略性產業 C	78	78	±0			●
	m/分	策略性產業 D	78	78	±0			●
	m/分	梯廳 1	78	78	±0			●
	m/分	梯廳 2	78	78	±0			●
	m/分	排煙室 A	78	78	±0			●
	m/分	排煙室 B	78	78	±0			●
	m/分	樓梯 A	-	78	-			●
	m/分	樓梯 B	-	78	-			●
人員密度	人/m^2	策略性產業 A	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 B	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 C	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 D	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	梯廳 1	-	0.3	-			●
	人/m^2	梯廳 2	-	0.3	-			●
	人/m^2	排煙室 A	-	0.3	-			●
	人/m^2	排煙室 B	-	0.3	-			●
	人/m^2	樓梯 A	-	0.3	-			●
	人/m^2	樓梯 B	-	0.3	-			●
可燃物發熱量	MJ/m^2	策略性產業 A	560	560	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 B	560	560	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 C	560	560	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 D	560	560	±0			●
室內裝修種類		策略性產業 A	0.0035	0.0035	±0			●
		策略性產業 B	0.0035	0.0035	±0			●
		策略性產業 C	0.0035	0.0035	±0			●

		策略性產業 D	0.0035	0.0035	±0			●
居室避難最大直角步距	m	策略性產業 A	25.4	25.40	±0		●	
	m	策略性產業 B	24.2	24.20	±0		●	
	m	策略性產業 C	27.7	27.70	±0		●	
	m	策略性產業 D	24.2	24.20	±0		●	
出口寬度	m	策略性產業 A	2.32	2.32	±0		●	
	m	策略性產業 B	2.32	2.32	±0		●	
	m	策略性產業 C	2.32	2.32	±0		●	
	m	策略性產業 D	2.32	2.32	±0		●	

2. 居室驗證結果計算表

2-1 原 Excel 表格

居室名稱	避難時間(分)				煙層下降時間(分)	判定	備註
	避難開始時間	步行時間	通過出入口時間				
策略性產業A	0.590	0.330	0.480	**1.400**	**1.590**	OK	
策略性產業B	0.600	0.310	0.480	**1.390**	**1.600**	OK	
策略性產業C	0.600	0.360	0.510	**1.470**	**1.610**	OK	
策略性產業D	0.600	0.310	0.480	**1.390**	**1.600**	OK	

2-2 防火避難樣版表格

A	B	C	D	E	F	G	H	AP	AQ	AR
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m^2)	居室樓地板面積(m^2)總和	避難開始時間(分)	到居室出口的步行時間(分)			居室避難時間(分)	居室煙層下降時間(分)	判定
					到居室出口	*步行速	到居室出口			
12FL	*策略性產業A	317.9 m^2	317.9	0.59	25.40	78	0.33	1.40	1.59	OK
12FL	*策略性產業B	319.7 m^2	319.7	0.60	24.20	78	0.31	1.39	1.60	OK
12FL	*策略性產業C	321.5 m^2	321.5	0.60	27.70	78	0.36	1.46	1.61	OK
12FL	*策略性產業D	319.7 m^2	319.7	0.60	24.20	78	0.31	1.39	1.60	OK

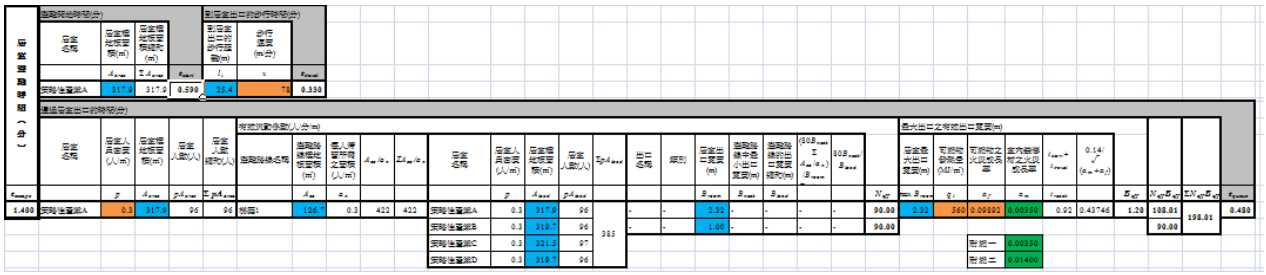
2-3 參數分類對應表格

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
避難開始時間	分	策略性產業 A	0.590	0.59	±0	●		
	分	策略性產業 B	0.600	0.60	±0	●		
	分	策略性產業 C	0.600	0.60	±0	●		
	分	策略性產業 D	0.600	0.60	±0	●		
到居室出口步行時間	分	策略性產業 A	0.330	0.33	±0	●		
	分	策略性產業 B	0.310	0.31	±0	●		
	分	策略性產業 C	0.360	0.36	±0	●		
	分	策略性產業 D	0.310	0.31	±0	●		
居室避難時間	分	策略性產業 A	1.400	1.40	±0		●	

	分	策略性產業 B	1.390	1.39	±0		●	
	分	策略性產業 C	1.470	1.46	±0.01		●	
	分	策略性產業 D	1.390	1.39	±0		●	
居室煙層下降時間	分	策略性產業 A	1.590	1.59	±0		●	
	分	策略性產業 B	1.600	1.60	±0		●	
	分	策略性產業 C	1.610	1.61	±0		●	
	分	策略性產業 D	1.600	1.60	±0		●	

3. 居室避難時間計算表

3-1 原 Excel 表格-1



避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
策略性產業A	317.9	317.9	**0.590**	25.4	78	**0.330**

避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
策略性產業B	319.7	319.7	**0.600**	24.2	78	**0.310**

避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
策略性產業C	321.5	321.5	**0.600**	27.7	78	**0.360**

避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
策略性產業D	319.7	319.7	**0.600**	24.2	78	**0.310**

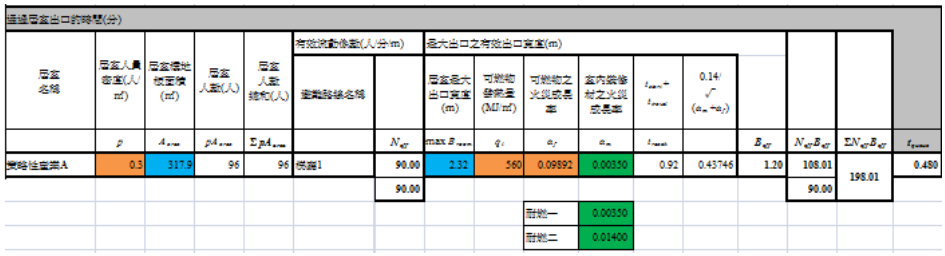
3-2 防火避難樣版表格-1

A	B	C	D	E	F	G	H
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m^2)	居室樓地板面積(m^2)總和	避難開始時間(分)	到居室出口的步行時間(分)		
					到居室出口	*步行速	到居室出口
12FL	*策略性產業A	317.9 m^2	317.9	0.59	25.40	78	0.33
12FL	*策略性產業B	319.7 m^2	319.7	0.60	24.20	78	0.31
12FL	*策略性產業C	321.5 m^2	321.5	0.60	27.70	78	0.36
12FL	*策略性產業D	319.7 m^2	319.7	0.60	24.20	78	0.31

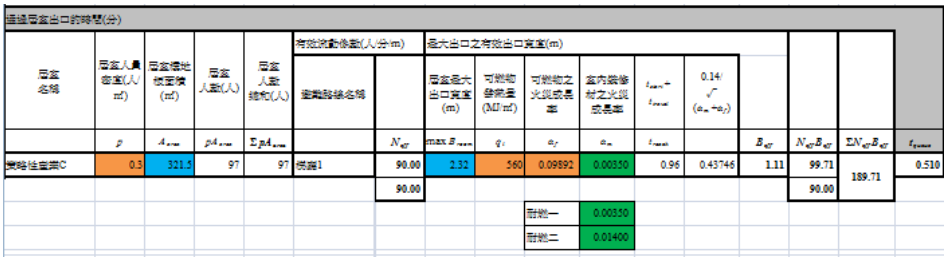
3-3 參數分類對應表格-1

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
居室樓地板面積	m^2	策略性產業 A	317.9	317.9	±0	●		
	m^2	策略性產業 B	319.7	319.7	±0	●		
	m^2	策略性產業 C	321.5	321.5	±0	●		
	m^2	策略性產業 D	319.7	319.7	±0	●		
居室樓地板面積總和	m^2	策略性產業 A	317.9	317.9	±0	●		
	m^2	策略性產業 B	319.7	319.7	±0	●		
	m^2	策略性產業 C	321.5	321.5	±0	●		
	m^2	策略性產業 D	319.7	319.7	±0	●		
避難開始時間	分	策略性產業 A	0.590	0.59	±0		●	
	分	策略性產業 B	0.600	0.60	±0		●	
	分	策略性產業 C	0.600	0.60	±0.01		●	
	分	策略性產業 D	0.600	0.60	±0		●	
到居室出口步行距離	m	策略性產業 A	25.4	25.40	±0		●	
	m	策略性產業 B	24.2	24.20	±0		●	
	m	策略性產業 C	27.7	27.70	±0		●	
	m	策略性產業 D	24.2	24.20	±0		●	
步行速度	m/分	策略性產業 A	78	78	±0			●
	m/分	策略性產業 B	78	78	±0			●
	m/分	策略性產業 C	78	78	±0			●
	m/分	策略性產業 D	78	78	±0			●
到居室出口步行時間	分	策略性產業 A	0.330	0.33	±0		●	
	分	策略性產業 B	0.310	0.31	±0		●	
	分	策略性產業 C	0.360	0.36	±0		●	
	分	策略性產業 D	0.310	0.31	±0		●	

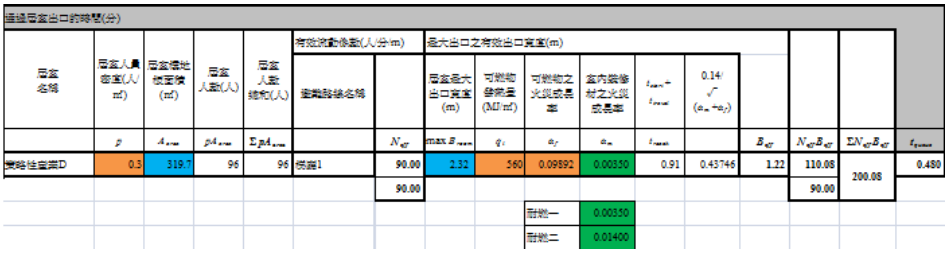
3-4 原 Excel 表格-2



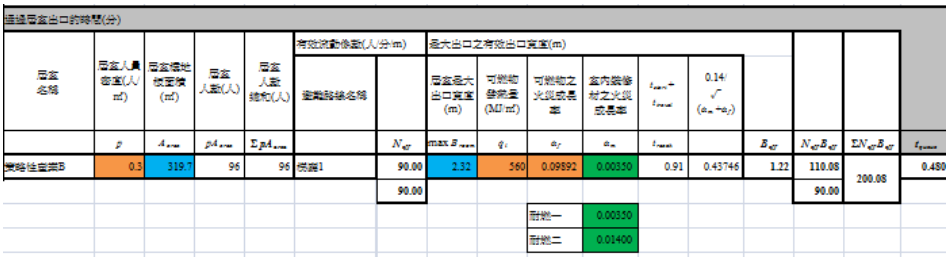
通過居室出口的時間(分)						有效流動係數(人/分·m)		最大出口之有效出口寬度(m)										
居室名稱	居室人員密度(人/m²)	居室樓地板面積(m²)	居室人數(人)	居室人數總和(人)		避難路線名稱		居室最大出口寬度(m)	可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	室內裝修材之火災成長率		0.14/√(αm+αf)				
	p	A_{room}	pA_{room}	ΣpA_{room}			N_{eff}	$\max B_{room}$	q_i	α_f	α_m	t_{max}		B_{eff}	$N_{eff}B_{eff}$	$\Sigma N_{eff}B_{eff}$	t_{queue}
策略性產業A	0.3	317.9	96	96		模擬1	90.00	2.32	560	0.09892	0.00350	0.92	0.43746	1.20	108.01	198.01	0.480
							90.00								90.00		
										耐燃一	0.00350						
										耐燃二	0.01400						



通過居室出口的時間(分)						有效流動係數(人/分·m)		最大出口之有效出口寬度(m)										
居室名稱	居室人員密度(人/m²)	居室樓地板面積(m²)	居室人數(人)	居室人數總和(人)		避難路線名稱		居室最大出口寬度(m)	可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	室內裝修材之火災成長率		0.14/√(αm+αf)				
	p	A_{room}	pA_{room}	ΣpA_{room}			N_{eff}	$\max B_{room}$	q_i	α_f	α_m	t_{max}		B_{eff}	$N_{eff}B_{eff}$	$\Sigma N_{eff}B_{eff}$	t_{queue}
策略性產業C	0.3	321.5	97	97		模擬1	90.00	2.32	560	0.09892	0.00350	0.96	0.43746	1.11	99.71	189.71	0.510
							90.00								90.00		
										耐燃一	0.00350						
										耐燃二	0.01400						



通過居室出口的時間(分)						有效流動係數(人/分·m)		最大出口之有效出口寬度(m)										
居室名稱	居室人員密度(人/m²)	居室樓地板面積(m²)	居室人數(人)	居室人數總和(人)		避難路線名稱		居室最大出口寬度(m)	可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	室內裝修材之火災成長率		0.14/√(αm+αf)				
	p	A_{room}	pA_{room}	ΣpA_{room}			N_{eff}	$\max B_{room}$	q_i	α_f	α_m	t_{max}		B_{eff}	$N_{eff}B_{eff}$	$\Sigma N_{eff}B_{eff}$	t_{queue}
策略性產業D	0.3	319.7	96	96		模擬1	90.00	2.32	560	0.09892	0.00350	0.91	0.43746	1.22	110.08	200.08	0.480
							90.00								90.00		
										耐燃一	0.00350						
										耐燃二	0.01400						



通過居室出口的時間(分)						有效流動係數(人/分·m)		最大出口之有效出口寬度(m)										
居室名稱	居室人員密度(人/m²)	居室樓地板面積(m²)	居室人數(人)	居室人數總和(人)		避難路線名稱		居室最大出口寬度(m)	可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	室內裝修材之火災成長率		0.14/√(αm+αf)				
	p	A_{room}	pA_{room}	ΣpA_{room}			N_{eff}	$\max B_{room}$	q_i	α_f	α_m	t_{max}		B_{eff}	$N_{eff}B_{eff}$	$\Sigma N_{eff}B_{eff}$	t_{queue}
策略性產業B	0.3	319.7	96	96		模擬1	90.00	2.32	560	0.09892	0.00350	0.91	0.43746	1.22	110.08	200.08	0.480
							90.00								90.00		
										耐燃一	0.00350						
										耐燃二	0.01400						

3-5 防火避難樣版表格-2

I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
*人員密度(人/m²)	人員密度(係數)	居室人數	居室人數總和	有效流動係數(人/分·m)	居室最大出口寬度(m)	居室最小出口寬度(m)	*可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	*裝修材料之火災成長率	ttsta+ttravel	0.14/√(αm+αf)	最大出口之有效出口寬度	NeffBeff-最大	NeffBeff-最小	ΣNeffBeff	通過居室出口的時間(分)
0.3	0.3	96	96	90	2.32	1.00	560	0.098921	0.00850	0.92	0.437456	1.20	108.00	90.00	198.00	0.48
0.3	0.3	96	96	90	2.32	1.00	560	0.098921	0.00850	0.91	0.437456	1.22	109.80	90.00	199.80	0.48
0.3	0.3	97	97	90	2.32	1.00	560	0.098921	0.00850	0.95	0.437456	1.13	101.70	90.00	191.70	0.51
0.3	0.3	96	96	90	2.32	1.00	560	0.098921	0.00850	0.91	0.437456	1.22	109.80	90.00	199.80	0.48

3-6 參數分類對應表格-2

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
居室人員密度	人/m^2	策略性產業 A	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 B	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 C	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 D	0.3	0.3	±0			●

居室人數	人	策略性產業A	96	96	±0	●		
	人	策略性產業B	97	97	±0	●		
	人	策略性產業C	96	96	±0	●		
	人	策略性產業D	96	96	±0	●		
居室人數總和	人	策略性產業A	96	96	±0	●		
	人	策略性產業B	97	97	±0	●		
	人	策略性產業C	96	96	±0	●		
	人	策略性產業D	96	96	±0	●		
居室最大出口寬度	m	策略性產業A	2.32	2.32	±0		●	
	m	策略性產業B	2.32	2.32	±0		●	
	m	策略性產業C	2.32	2.32	±0		●	
	m	策略性產業D	2.32	2.32	±0		●	
可燃物發熱量	MJ/m^2	策略性產業A	560	560	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業B	560	560	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業C	560	560	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業D	560	560	±0			●
可燃物之火災成長率	-	策略性產業A	0.09892	0.098921	±0.000001		●	
	-	策略性產業B	0.09892	0.098921	±0.000001		●	
	-	策略性產業C	0.09892	0.098921	±0.000001		●	
	-	策略性產業D	0.09892	0.098921	±0.000001		●	
裝修材料之火災成長率	-	策略性產業A	0.00350	0.00350	±0		●	
	-	策略性產業B	0.00350	0.00350	±0		●	
	-	策略性產業C	0.00350	0.00350	±0		●	
	-	策略性產業D	0.00350	0.00350	±0		●	
$t_{start}+t_{travel}$	-	策略性產業A	0.92	0.92	±0		●	
	-	策略性產業B	0.91	0.91	±0		●	
	-	策略性產業C	0.96	0.95	±0.01		●	
	-	策略性產業D	0.91	0.91	±0		●	
$0.14/\sqrt{(\alpha_m+\alpha_t)}$	-	策略性產業A	0.43746	0.437456	±0.000004		●	
	-	策略性產業B	0.43746	0.437456	±0.000004		●	
	-	策略性產業C	0.43746	0.437456	±0.000004		●	
	-	策略性產業D	0.43746	0.437456	±0.000004		●	
B_{eff}	-	策略性產業A	1.20	1.20	±0		●	
	-	策略性產業B	1.22	1.22	±0		●	
	-	策略性產業C	1.11	1.13	±0.02		●	
	-	策略性產業D	1.22	1.22	±0		●	
N_{eff} B_{eff}最大	-	策略性產業A	108.01	108.00	±0.01		●	

	–	策略性產業 B	110.08	109.80	±0.28		●	
	–	策略性產業 C	99.71	101.70	±1.99		●	
	–	策略性產業 D	110.08	109.80	±0.28		●	
N_{eff} B_{eff} 最小	–	策略性產業 A	90.00	90.00	±0		●	
	–	策略性產業 B	90.00	90.00	±0		●	
	–	策略性產業 C	90.00	90.00	±0		●	
	–	策略性產業 D	90.00	90.00	±0		●	
$\sum N_{eff}+B_{eff}$	–	策略性產業 A	198.01	198.00	±0.01		●	
	–	策略性產業 B	200.08	199.80	±0.28		●	
	–	策略性產業 C	189.71	191.70	±1.99		●	
	–	策略性產業 D	200.08	199.80	±0.28		●	
居室通過出口時間	分	策略性產業 A	0.480	0.48	±0		●	
	分	策略性產業 B	0.480	0.48	±0		●	
	分	策略性產業 C	0.510	0.51	±0		●	
	分	策略性產業 D	0.480	0.48	±0		●	

4. 居室避難時間計算表

4-1 原 Excel 表格

居室產層下降時間（分）	居室名稱	煙生成量(m^3/分)							有效排煙量(m^3/分)														
		居室樓地板面積(m^2)	基準點起算之平均天花板高(m)	最低點起算的平均天花板高(m)	可燃物發熱量(MJ/m^2)	可燃物之火災成長率	裝修材料之火災成長率		防煙區劃名稱	排煙類別	排煙效果係數					機械排煙(m^3/分)							
											防煙區劃之面積(m^2)	最高天花板高度(m)	排煙口上端平均高度(m)	基準點至防煙垂壁下端之平均高度(m)		排煙口附近空氣排出的能力(m^3/分)	距離排煙中心之基準點的平均高度(m)	$3.9(H_z-1.8)w^{2/3}$	有效排煙口數目(個)			
t_3		A_{room}	H_{room}	H_{low}	q_1	α_f	α_m	V_s			A_{sc}	H_{sg}	H_{st}	H_w	A^*	w	H_z			E	A^*E	V_e
1.590	策略性產業A	317.90	2.60	2.60	560	0.09892	0.00350	217.83	策略性產業A	機械排煙	317.90	2.60	2.60	0.00	0.40	317.90	2.60	145.33	1	145.33	58.13	58.13

居室產層下降時間（分）	居室名稱	煙生成量(m^3/分)							有效排煙量(m^3/分)														
		居室樓地板面積(m^2)	基準點起算之平均天花板高(m)	最低點起算的平均天花板高(m)	可燃物發熱量(MJ/m^2)	可燃物之火災成長率	裝修材料之火災成長率		防煙區劃名稱	排煙類別	排煙效果係數					機械排煙(m^3/分)							
											防煙區劃之面積(m^2)	最高天花板高度(m)	排煙口上端平均高度(m)	基準點至防煙垂壁下端之平均高度(m)		排煙口附近空氣排出的能力(m^3/分)	距離排煙中心之基準點的平均高度(m)	$3.9(H_z-1.8)w^{2/3}$	有效排煙口數目(個)			
t_3		A_{room}	H_{room}	H_{low}	q_1	α_f	α_m	V_s			A_{sc}	H_{sg}	H_{st}	H_w	A^*	w	H_z			E	A^*E	V_e
1.600	策略性產業B	319.70	2.60	2.60	560	0.09892	0.00350	218.24	策略性產業B	機械排煙	319.70	2.60	2.60	0.00	0.40	319.70	2.60	145.88	1	145.88	58.35	58.35

居室產層下降時間（分）	居室名稱	煙生成量(m^3/分)							有效排煙量(m^3/分)														
		居室樓地板面積(m^2)	基準點起算之平均天花板高(m)	最低點起算的平均天花板高(m)	可燃物發熱量(MJ/m^2)	可燃物之火災成長率	裝修材料之火災成長率		防煙區劃名稱	排煙類別	排煙效果係數					機械排煙(m^3/分)							
											防煙區劃之面積(m^2)	最高天花板高度(m)	排煙口上端平均高度(m)	基準點至防煙垂壁下端之平均高度(m)		排煙口附近空氣排出的能力(m^3/分)	距離排煙中心之基準點的平均高度(m)	$3.9(H_z-1.8)w^{2/3}$	有效排煙口數目(個)			
t_3		A_{room}	H_{room}	H_{low}	q_1	α_f	α_m	V_s			A_{sc}	H_{sg}	H_{st}	H_w	A^*	w	H_z			E	A^*E	V_e
1.610	策略性產業C	321.50	2.60	2.60	560	0.09892	0.00350	218.65	策略性產業C	機械排煙	321.50	2.60	2.60	0.00	0.40	321.50	2.60	146.42	1	146.42	58.57	58.57

居室產層下降時間（分）	居室名稱	煙生成量(m^3/分)							有效排煙量(m^3/分)														
		居室樓地板面積(m^2)	基準點起算之平均天花板高(m)	最低點起算的平均天花板高(m)	可燃物發熱量(MJ/m^2)	可燃物之火災成長率	裝修材料之火災成長率		防煙區劃名稱	排煙類別	排煙效果係數					機械排煙(m^3/分)							
											防煙區劃之面積(m^2)	最高天花板高度(m)	排煙口上端平均高度(m)	基準點至防煙垂壁下端之平均高度(m)		排煙口附近空氣排出的能力(m^3/分)	距離排煙中心之基準點的平均高度(m)	$3.9(H_z-1.8)w^{2/3}$	有效排煙口數目(個)			
t_3		A_{room}	H_{room}	H_{low}	q_1	α_f	α_m	V_s			A_{sc}	H_{sg}	H_{st}	H_w	A^*	w	H_z			E	A^*E	V_e
1.600	策略性產業D	319.70	2.60	2.60	560	0.09892	0.00350	218.24	策略性產業D	機械排煙	319.70	2.60	2.60	0.00	0.40	319.70	2.60	145.88	1	145.88	58.35	58.35

4-2 防火避難樣版表格

Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
*基準點起算之平均天花板高度(m)	*最低點起算的平均天花板高(m)	Vs煙生成量(m3/分)	*排煙類別	防煙區劃名稱	排煙效果係數				排煙口附近空氣排出的能力(m3/分)	距離排煙中心之基準點外平均高度	3.9(Hs-1.8)w2/3	有效排煙口數目	機械排煙(m3/分)	A*E 有效排煙量(m3/分)	Ve有效排煙量(m3/分)
					*排煙	*最高天花	*基準點至防	Δ*排煙							
2.6	2.6	217.8287706	機械排煙	*策略性產業A	2.6	2.6	0	0.4	317.897489	2.6	145.326894	1	145.33	58.13	58.13
2.6	2.6	218.237549	機械排煙	*策略性產業B	2.6	2.6	0	0.4	319.690839	2.6	145.872985	1	145.87	58.35	58.35
2.6	2.6	218.65742	機械排煙	*策略性產業C	2.6	2.6	0	0.4	321.539567	2.6	146.43477	1	146.43	58.57	58.57
2.6	2.6	218.237549	機械排煙	*策略性產業D	2.6	2.6	0	0.4	319.690839	2.6	145.872985	1	145.87	58.35	58.35

4-3 參數分類對應表格

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
基準點起算之平均天花板高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0			●
	m	策略性產業 B	2.60	2.6	±0			●
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0			●
	m	策略性產業 D	2.60	2.6	±0			●
最低點起算之平均天花板高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 B	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 D	2.60	2.6	±0	●		
最高天花板高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 B	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 D	2.60	2.6	±0	●		
排煙口上端平均高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 B	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 D	2.60	2.6	±0	●		
基準點至防煙垂壁下端之平均高度	m	策略性產業 A	0.00	0	±0	●		
	m	策略性產業 B	0.00	0	±0	●		
	m	策略性產業 C	0.00	0	±0	●		
	m	策略性產業 D	0.00	0	±0	●		
排煙係數	-	策略性產業 A	0.40	0.4	±0.000001		●	
	-	策略性產業 B	0.40	0.4	±0.000001		●	
	-	策略性產業 C	0.40	0.4	±0.000001		●	
	-	策略性產業 D	0.40	0.4	±0.000001		●	
排煙口附近空氣排出的能力	m^3/分	策略性產業 A	317.90	317.897489	±0.002511	●		
	m^3/分	策略性產業 B	319.70	319.690839	±0.009161	●		
	m^3/分	策略性產業 C	321.50	321.539567	±0.039567	●		
	m^3/分	策略性產業 D	319.70	319.690839	±0.009161	●		
	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		

距離排煙中心之基準點的平均高度	m	策略性產業 B	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 D	2.60	2.6	±0	●		
$3.9(H_c-1.8)w^{2/3}$	-	策略性產業 A	145.33	145.33	±0		●	
	-	策略性產業 B	145.88	145.87	±0.01		●	
	-	策略性產業 C	146.42	146.43	±0.01		●	
	-	策略性產業 D	145.88	145.87	±0.01		●	
有效排煙口數目	個	策略性產業 A	1	1	±0	●		
	個	策略性產業 B	1	1	±0	●		
	個	策略性產業 C	1	1	±0	●		
	個	策略性產業 D	1	1	±0	●		
機械排煙	m^3/分	策略性產業 A	145.33	145.33	±0		●	
	m^3/分	策略性產業 B	145.88	145.87	±0.01		●	
	m^3/分	策略性產業 C	146.42	146.43	±0.01		●	
	m^3/分	策略性產業 D	145.88	145.87	±0.01		●	
A*E 有效排煙量	m^3/分	策略性產業 A	58.13	58.13	±0	●		
	m^3/分	策略性產業 B	58.35	58.35	±0	●		
	m^3/分	策略性產業 C	58.57	58.57	±0	●		
	m^3/分	策略性產業 D	58.35	58.35	±0	●		
V_e有效排煙量	m^3/分	策略性產業 A	58.13	58.13	±0	●		
	m^3/分	策略性產業 B	58.35	58.35	±0	●		
	m^3/分	策略性產業 C	58.57	58.57	±0	●		
	m^3/分	策略性產業 D	58.35	58.35	±0	●		

5. 樓層驗證結果計算表

樓層避難時間(分)	12.778	煙層下降時間(分)						樓層煙層下降時間(分)	判定
		起火居室		煙層傳播路徑		最終居室			
避難開始時間(分)	4.269	策略性產業A	5.060	梯廳1	11.090	排煙室A	301.000	**317.150**	OK
步行時間(分)	0.658	策略性產業C	5.120	梯廳1	11.090	排煙室A	301.000	317.210	OK
通過出入口時間(分)	7.851	策略性產業A	5.060	梯廳1	9.900	排煙室B	868.000	882.960	OK

6. 樓層避難時間計算表

6-1 原 Excel 表格-1

樓層避難時間（分）

樓層避難開始時間(分) / 樓層的步行時間(分)

居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		樓層最大步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{floor}	t_{start}	l_t	v	t_{travel}
策略性產業A	317.9	1450.0	4.269	51.3	78	0.658
策略性產業B	319.7					
策略性產業C	321.5					
策略性產業D	319.7					
梯廳1	126.7					
梯廳2	27.8					
排煙室A	4.3					
排煙室B	12.4					

圖例
BIM
避難手冊-查表
可變參數

避難樓層出口時間(分)（有效流動係數(人/分/m)）

t_{escape}	居室名稱	居室人員密度(人/㎡)	居室樓地板面積(㎡)	居室人數(人)	樓層人數總和(人)	樓梯名稱	樓梯間的樓地板面積(㎡)	樓梯間的樓地板面積總和(㎡)	居室名稱	居室人員之密度(人/㎡)	居室樓地板面積(㎡)	避難人數(人)	避難總人數(人)	0.25Σ pA_{load}	出口名稱	直通樓梯出口寬度(m)	避難路線中最小出口寬度(m)	$(320B_{neck}\Sigma A_{st})/B_{st}\Sigma pA_{load}$		直通樓梯出口寬度(m)	$N_{eff}*B_{st}$	$\Sigma N_{eff}*B_{st}$	
		p	A_{area}	pA_{area}	ΣpA_{area}		A_{st}	ΣA_{st}		p	A_{load}	pA_{load}	ΣpA_{load}			B_{st}	B_{neck}		N_{eff}	B_{st}			t_{queue}
12.778	策略性產業A	0.3	317.9	96	385	樓梯A	13.9	29.5	策略性產業A	0.3	317.9	96	385	97	樓梯A	1.00	1.00	24.52	24.52	1.00	24.52	49.04	7.851
	策略性產業B	0.3	319.7	96		樓梯B	15.6		策略性產業B	0.3	319.7	96			樓梯B	1.00	1.00	24.52	24.52	1.00	24.52		
	策略性產業C	0.3	321.5	97					策略性產業C	0.3	321.5	97											
	策略性產業D	0.3	319.7	96					策略性產業D	0.3	319.7	96											

樓層避難時間（分）

樓層避難開始時間(分) / 樓層的步行時間(分)

居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		樓層最大步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{floor}	t_{start}	l_t	v	t_{travel}
策略性產業A	317.9	1450.0	4.269	51.3	78	0.658
策略性產業B	319.7					
策略性產業C	321.5					
策略性產業D	319.7					
梯廳1	126.7					
梯廳2	27.8					
排煙室A	4.3					
排煙室B	12.4					

t_{escape} 12.778

6-2 防火避難樣版表格-1

A	B	C	D	E	F	G	F	G	H	I
	避難開始時間(分)									
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m²)	居室樓地板面積(m²)總和	單位面積	區域面積轉數值	樓層避難開始時間(分)	樓層最大步行距離(m)	步行速度(係數)	樓層的步行時間(分)	樓層避難時間(分)tescape
12FL	*策略性產業A	317.9 m²	317.9 m²	1.0 m²	317.897489	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778
12FL	*策略性產業B	319.7 m²	319.7 m²	1.0 m²	319.690839	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778
12FL	*策略性產業C	321.5 m²	321.5 m²	1.0 m²	321.539567	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778
12FL	*策略性產業D	319.7 m²	319.7 m²	1.0 m²	319.690839	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778
12FL	*梯廳2	27.0 m²	27.0 m²	1.0 m²	26.97	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778
12FL	*梯廳1	126.7 m²	126.7 m²	1.0 m²	126.685737	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778
12FL	*排煙室B	12.4 m²	12.4 m²	1.0 m²	12.36547	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778
12FL	*排煙室A	4.3 m²	4.3 m²	1.0 m²	4.287	4.260	51.3	78.00	0.658	12.778

6-3 參數分類對應表格-1

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數	樣版自動	應變之變數	外掛程式	手冊之參數	性能驗證技術
居室樓地板面積	m^2	策略性產業 A	317.9	317.9	±0	●					
	m^2	策略性產業 B	319.7	319.7	±0	●					
	m^2	策略性產業 C	321.5	321.5	±0	●					
	m^2	策略性產業 D	319.7	319.7	±0	●					
居室樓地板面積總和	m^2	策略性產業 A	317.9	317.9	±0	●					

	m^2	策略性產業 B	319.7	319.7	±0	●		
	m^2	策略性產業 C	321.5	321.5	±0	●		
	m^2	策略性產業 D	319.7	319.7	±0	●		
樓層避難開始時間	分	居室(全)	4.269	4.269	±0	●		
樓層最大步行距離	分	居室(全)	51.3	51.3	±0	●		
步行速度	m/分	居室(全)	78	78	±0	●		
樓層的步行時間	分	居室(全)	0.658	0.658	±0		●	
樓層避難時間	分	居室(全)	12.778	12.778	±0		●	

6-4 原 Excel 表格-2

居室名稱	居室人員密度(人/㎡)	居室樓地板面積(㎡)	居室人數(人)	樓層人數總和(人)	有效流動係數(人/分/m) 樓梯名稱	樓梯間的樓地板面積(㎡)	樓梯間的樓地板面積總和(㎡)	居室名稱	居室人員之密度(人/㎡)	居室樓地板面積(㎡)	避難人數(人)	避難總人數(人)	0.25ΣpA_{load}
	p	A_{area}	pA_{area}	ΣpA_{area}		A_n	ΣA_n		p	A_{load}	pA_{load}	ΣpA_{load}	
策略性產業A	0.3	317.9	96	385	樓梯A	13.9	29.5	策略性產業A	0.3	317.9	96	385	97
策略性產業B	0.3	319.7	96		樓梯B	15.6		策略性產業B	0.3	319.7	96		
策略性產業C	0.3	321.5	97					策略性產業C	0.3	321.5	97		
策略性產業D	0.3	319.7	96					策略性產業D	0.3	319.7	96		

6-5 防火避難樣版表格-2

<_ _樓層避難時間_3.樓層人數總和(人)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I
	避難開始時間(分)							
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m^2)	居室樓地板面積(m^2)	*人員密度(人/m^2)	居室人數	居室人數總和	避難人數	0.25ΣpA_{load}
12FL	*策略性產業A	317.9 m^2	317.9 m^2	0.3	96	96	96	97
12FL	*策略性產業B	319.7 m^2	319.7 m^2	0.3	96	96	96	97
12FL	*策略性產業C	321.5 m^2	321.5 m^2	0.3	97	97	97	97
12FL	*策略性產業D	319.7 m^2	319.7 m^2	0.3	96	96	96	97
總計: 4						385	385	

A	B	C	D
	避難開始時間(分)		
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m^2)	居室樓地板面積(m^2)總和
12FL	*樓梯A	13.9 m^2	13.9 m^2
12FL	*樓梯B	15.6 m^2	15.6 m^2

6-6 參數分類對應表格-2

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
居室樓地板面積	m^2	策略性產業 A	317.9	317.9	±0	●		
	m^2	策略性產業 B	319.7	319.7	±0	●		
	m^2	策略性產業 C	321.5	321.5	±0	●		
	m^2	策略性產業 D	319.7	319.7	±0	●		
居室人員密度	人/m^2	策略性產業 A	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 B	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 C	0.3	0.3	±0			●
	人/m^2	策略性產業 D	0.3	0.3	±0			●

居室人數	人	策略性產業 A	96	96	±0	●		
	人	策略性產業 B	96	96	±0	●		
	人	策略性產業 C	97	97	±0	●		
	人	策略性產業 D	96	96	±0	●		
避難人數	人	策略性產業 A	96	96	±0	●		
	人	策略性產業 B	96	96	±0	●		
	人	策略性產業 C	97	97	±0	●		
	人	策略性產業 D	96	96	±0	●		
$0.25\Sigma pA_{load}$	-	策略性產業 A	97	97	±0		●	
	-	策略性產業 B	97	97	±0		●	
	-	策略性產業 C	97	97	±0		●	
	-	策略性產業 D	97	97	±0		●	
樓梯間的樓地板面積	m^2	樓梯 A	13.9	13.9	±0	●		
	m^2	樓梯 B	15.6	15.6	±0	●		

6-7 原 Excel 表格-3

出口名稱	直通樓梯出口寬度(m)	避難路線中最小出口寬度(m)	$(320B_{neck}\Sigma A_{st})/B_{st}\Sigma pA_{load}$		直通樓梯出口寬度(m)	$N_{eff}*B_{st}$	$\Sigma N_{eff}*B_{st}$	
	B_{st}	B_{neck}		N_{eff}	B_{st}			t_{queue}
樓梯A	1.00	1.00	24.52	24.52	1.00	24.52	49.04	7.851
樓梯B	1.00	1.00	24.52	24.52	1.00	24.52		

6-8 防火避難樣版表格-3

<_ _樓層避難時間_ 5.避難路線中最小出口寬度(m)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	避難開始時間(分)			直通樓梯出口寬度(m)	避難路線中最小出口寬度(m)	單位面積	區域面積轉數值	(320Bneck∑Ast)/Bst ∑pAload	有效流動係數(人/分/m)	Neff*Bst	∑Neff*Bst	通過樓層出口時間(分)
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m^2)	居室樓地板面積(m^2									
12FL	*樓梯A	13.9 m^2	13.9 m^2	1	1	1.0 m^2	13.862	12.26	12.26	12.26	24.52	24.520
12FL	*樓梯B	15.6 m^2	15.6 m^2	1	1	1.0 m^2	15.602525	12.26	12.26	12.26	24.52	24.520
總計: 2												

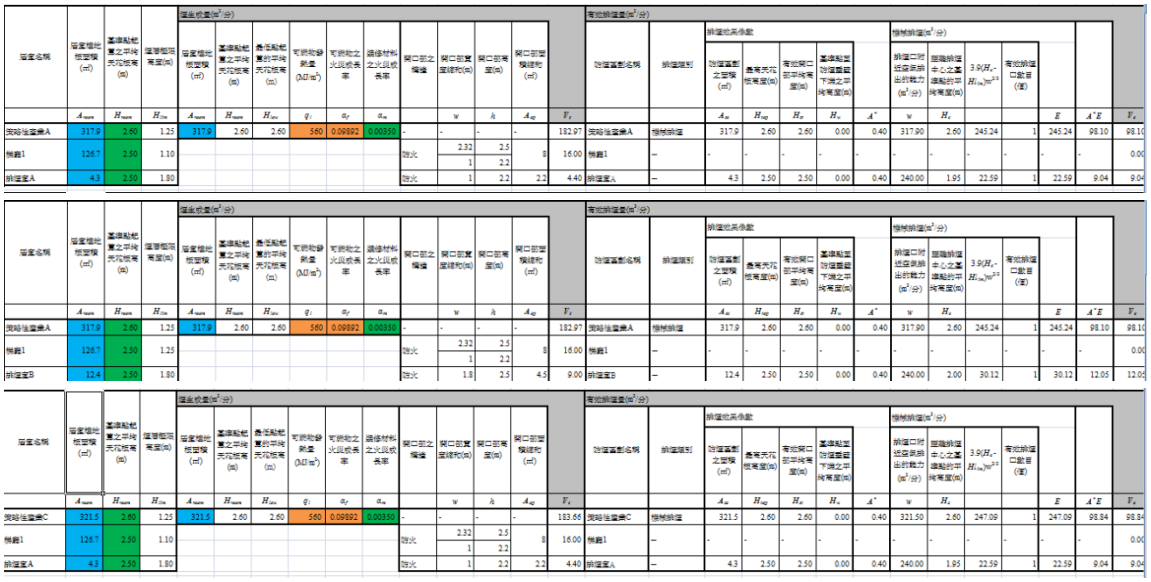
6-9 參數分類對應表格-3

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
直通樓梯出口寬度	m	樓梯 A	1	1	±0		●	
	m	樓梯 B	1	1	±0		●	
避難路線中最小出口寬度	m	樓梯 A	1	1	±0		●	
	m	樓梯 B	1	1	±0		●	
$(320B_{neck}\Sigma A_{st})/B_{st}\Sigma pA_{load}$	-	樓梯 A	24.52	12.26	±12.26		●	
	-	樓梯 B	24.52	12. 26	±12.26		●	

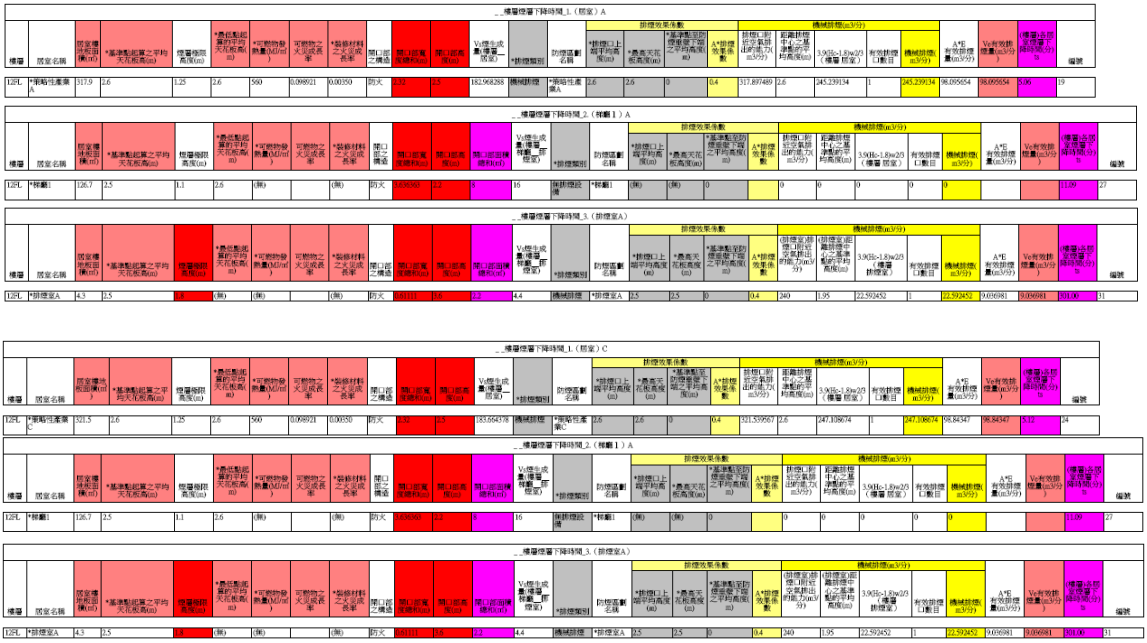
N_{eff} B_{eff}	–	樓梯 A	24.52	12.26	±12.26		●	
	–	樓梯 B	24.52	12.26	±12.26		●	
ΣN_{eff} B_{eff}	–	樓梯 A	24.52	24.52	±0		●	
	–	樓梯 B	24.52	24.52	±0		●	

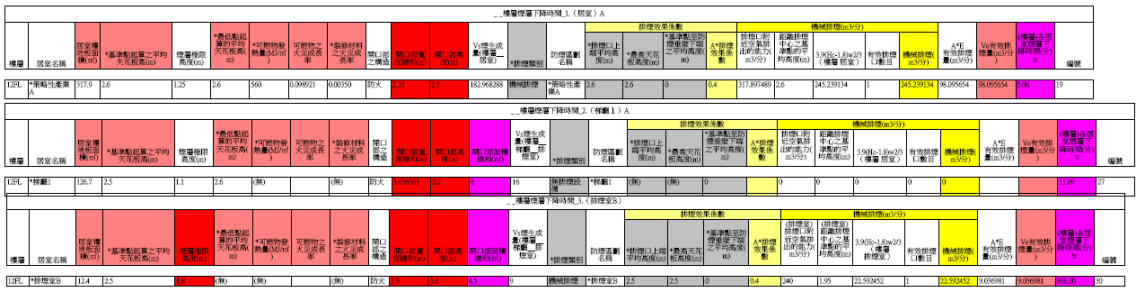
7. 樓層煙層下降時間計算表

7-1 原 Excel 表格



7-2 防火避難樣版表格





7-3 參數分類對應表格

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	性能驗證技術
居室樓地板面積	m^2	策略性產業 A	317.9	317.9	±0	●		
	m^2	策略性產業 C	321.5	321.5	±0	●		
	m^2	梯廳 A	126.7	126.7	±0	●		
	m^2	排煙室 A	4.3	4.3	±0	●		
	m^2	排煙室 B	12.4	12.4	±0	●		
基準點起算之平均天花板高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
	m	梯廳 A	2.50	2.5	±0	●		
	m	排煙室 A	2.50	2.5	±0	●		
	m	排煙室 B	2.50	2.5	±0	●		
煙層極限高度	m	策略性產業 A	1.25	1.25	±0	●		
	m	策略性產業 C	1.25	1.25	±0	●		
	m	梯廳 A	1.10	1.1	±0	●		
	m	排煙室 A	1.80	1.8	±0	●		
	m	排煙室 B	1.80	1.8	±0	●		
最低點起算之平均天花板高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
可燃物發熱量	MJ/m^2	策略性產業 A	560	560	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 C	560	560	±0			●
可燃物之火災成長率	-	策略性產業 A	0.09892	0.098921	±0.000001		●	
	-	策略性產業 C	0.09892	0.098921	±0.000001		●	
裝修材料之火災成長率	-	策略性產業 A	0.00350	0.00350	±0		●	
	-	策略性產業 C	0.00350	0.00350	±0		●	
開口部寬度總和	m	策略性產業 A	-	2.32	-		●	
	m	策略性產業 C	-	2.32	-		●	
	m	梯廳 A	2.32	3.636363	±1.316363		●	

	m	排煙室 A	1	0.61111	±0.38889		●	
	m	梯廳 A	2.5	2.5	±0		●	
	m	排煙室 A	2.2	2.2	±0		●	
	m	排煙室 B	2.5	2.5	±0		●	
	m^2	梯廳 A	8	8	±0		●	
	m^2	排煙室 A	2.2	2.2	±0		●	
	m^2	排煙室 B	4.5	4.5	±0		●	
煙生成量	m^3/分	策略性產業 A	182.97	182.968288	±0.001712		●	
	m^3/分	策略性產業 C	183.66	183.664378	±0.004378		●	
	m^3/分	梯廳 A	16.00	16	±0		●	
	m^3/分	排煙室 A	4.40	4.4	±0		●	
	m^3/分	排煙室 B	9.00	9	±0		●	
最高天花板高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0	●		
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0	●		
	m	排煙室 A	2.50	2.5	±0	●		
	m	排煙室 B	2.50	2.5	±0	●		
基準點至防煙垂壁下端之平均高度	m	策略性產業 A	0.00	0	±0	●		
	m	策略性產業 C	0.00	0	±0	●		
	m	排煙室 A	0.00	0	±0	●		
	m	排煙室 B	0.00	0	±0	●		
排煙效果係數	-	策略性產業 A	0.40	0.4	±0		●	
	-	策略性產業 C	0.40	0.4	±0		●	
	-	梯廳 A	-	-	-		●	
	-	排煙室 A	0.40	0.4	±0		●	
	-	排煙室 B	0.40	0.4	±0		●	
排煙口附近空氣排出能力	m^3/分	策略性產業 A	317.90	317.897489	±0.002511		●	
	m^3/分	策略性產業 C	321.50	321.539567	±0.039567		●	
	m^3/分	排煙室 A	240.00	240	±0		●	
	m^3/分	排煙室 B	240.00	240	±0		●	
距離排煙中心之基準點的平均高度	m	策略性產業 A	2.60	2.6	±0		●	
	m	策略性產業 C	2.60	2.6	±0		●	
	m	排煙室 A	1.95	1.95	±0		●	
	m	排煙室 B	2.0	1.95	±0.05		●	
$3.9(H_c-1.8)w^{2/3}$	-	策略性產業 A	245.24	245.239134	±0.000866		●	
	-	策略性產業 C	247.09	247.108674	±0.018674		●	
	-	排煙室 A	22.59	22.592452	±0.002452		●	
	-	排煙室 B	30.12	22.592452	±7.527548		●	

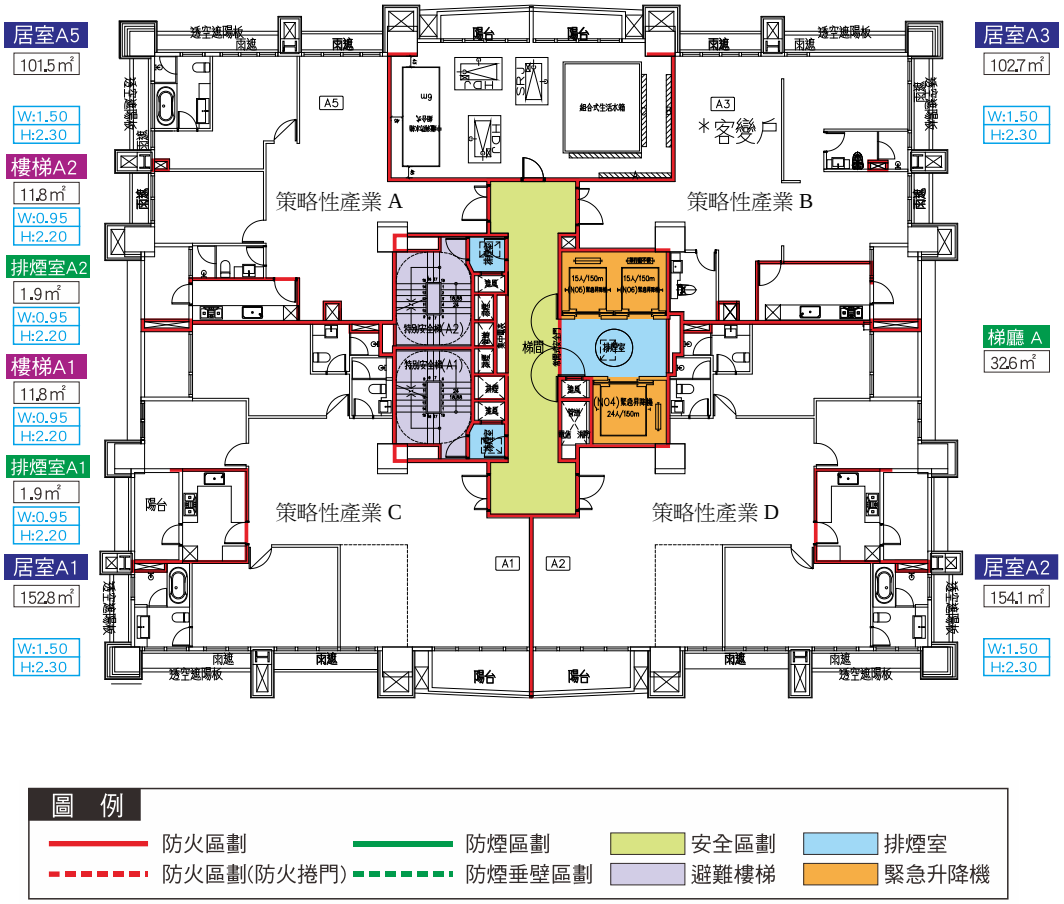
有效排煙口數目	個	策略性產業 A	1	1	±0	●		
	個	策略性產業 C	1	1	±0	●		
	個	梯廳 A	-	0	-	●		
	個	排煙室 A	1	1	±0	●		
	個	排煙室 B	1	1	±0	●		
機械排煙量	m^3/分	策略性產業 A	245.24	245.239134	±0.000866		●	
	m^3/分	策略性產業 C	247.09	247.108674	±0.018674		●	
	m^3/分	排煙室 A	22.59	22.592452	±0.002452		●	
	m^3/分	排煙室 B	30.12	22.592452	±7.527548		●	
A*E 有效排煙量	-	策略性產業 A	98.10	98.095654	±0.004346	●		
	-	策略性產業 C	98.84	98.84347	±0.00347	●		
	-	排煙室 A	9.04	9.036981	±0.003019	●		
	-	排煙室 B	12.05	9.036981	±3.0	●		

貳、案例二：建設公司商業大樓工程案

一、建築物概要

基地位置		新北市林口區力行段 97、133 號等 2 筆地號			
土地使用分區		中心商業區			
面積	基地面積	6181.84 m^2			
	建築面積	2256.77 m^2	建蔽率	36.50 %	
	總樓地板面積	67999.19 m^2	容積率	699 %	
	標準層面積	-			
樓層數	地上	36 層	屋突	3 層	
	地下	4 層	構造	地上：□S 造 ■SRC 造 □RC 造 地下：□S 造 □SRC 造 ■RC 造	
高度	建築物高度	124 m	最高部分高度	-	
			標準層樓高	3.40 m	

二、 以其一標準樓層之平面圖為說明範例（19F 面積：712.37 平方公尺）



三、個案驗證之主要數值參數表

下列提擬項目為現今防火避難驗證公司主要生成的 Excel 表格，依據本研究樣版介面設定資源之參數分類表進行區分，分別為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」。經參數對照及驗證後，依目前防火避難驗證業界常使用之顏色表格為分色基準，設計 BIM 防火避難樣版之表格，樣版內之表格設計及公式為目前避難審查格式，適用目前避難審查標準。

1. 居室數值計算前提要件表

1-1 原 Excel 表格

居室名稱	用途	樓地板面積(㎡)	平均天花板高度(m)	步行速度(m/分)	人員密度(人/㎡)	可燃物發熱量(MJ/㎡)	室內裝修種類	居室避難最大直角步距	出口寬度(m)與數量	排煙類別
居室A1	住宅	152.8	2.55	60	0.08	720	(耐二)0.014	16.6	1.5*1	無排煙設備
居室A2	住宅	154.1	2.55	60	0.08	720	(耐二)0.014	16.6	1.5*1	無排煙設備
居室A3	住宅	102.7	2.50	60	0.08	720	(耐二)0.014	17.3	1.5*1	無排煙設備
居室A5	住宅	101.5	2.40	60	0.08	720	(耐二)0.014	15.1	1.5*1	無排煙設備
梯廳A	避難路徑	32.6	2.20	60	—	—	—	—	—	無排煙設備
排煙室A1	避難路徑	1.9	2.20	60	—	—	—	—	—	機械排煙
排煙室A2	避難路徑	1.9	2.20	60	—	—	—	—	—	機械排煙
樓梯A1	直通樓梯	11.8	—	—	—	—	—	—	—	無排煙設備
樓梯A2	直通樓梯	11.8	—	—	—	—	—	—	—	無排煙設備

1-2 防火避難樣版表格

<_防火前提條件面積明細表(樓地板面積)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
樓層	名稱	*用途(防火)	區域	*平均天花板高度(m)	*步行速度(m/分)	*人員密度(人/㎡	*可燃物發熱量(MJ/m²)	*室內裝修種類	居室避難最大直角	出口寬度(m)	*排煙類別
12FL	*排煙室A	避難路徑	1.93 ㎡	2.2	78	0.3	(無)	(無)			機械排煙
12FL	*排煙室B	避難路徑	1.93 ㎡	2.2	78	0.3	(無)	(無)			機械排煙
12FL	*梯廳1	避難路徑	32.55 ㎡	2.2	78	0.3	(無)	(無)			無排煙設備
12FL	*樓梯A	避難路徑	11.79 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			機械排煙
12FL	*樓梯B	避難路徑	11.79 ㎡	2.5	78	0.3	(無)	(無)			機械排煙
12FL	*策略性產業A	辦公空間	101.49 ㎡	2.4	60	0.08	720	(耐二)0.014	15.10	1.50	無排煙設備
12FL	*策略性產業B	辦公空間	102.74 ㎡	2.5	60	0.08	720	(耐二)0.014	17.30	1.50	無排煙設備
12FL	*策略性產業C	辦公空間	152.81 ㎡	2.55	60	0.08	720	(耐二)0.014	16.60	1.50	無排煙設備
12FL	*策略性產業D	辦公空間	154.11 ㎡	2.55	60	0.08	720	(耐二)0.014	16.60	1.50	無排煙設備
總計: 9			571.14 ㎡								

1-3 參數分類對應表格

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	樣版自動建置之參數	外掛程式應變之變數	性能驗證技術手冊之參數
樓地板面積	m^2	策略性產業 A(A5 戶)	101.5	101.49	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 B(A3 戶)	102.7	102.74	±0.04	●		
	m^2	策略性產業 C(A1 戶)	152.8	152.81	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 D(A2 戶)	154.1	154.11	±0.01	●		
	m^2	梯廳 1	32.6	32.55	±0.05	●		
	m^2	排煙室 A	1.9	1.93	±0.03	●		
	m^2	排煙室 B	1.9	1.93	±0.03	●		
	m^2	樓梯 A	11.8	11.79	±0.01	●		
	m^2	樓梯 B	11.8	11.79	±0.01	●		
平均天花板高度	m	策略性產業 A(A5 戶)	2.40	2.4	±0	●		
	m	策略性產業 B(A3 戶)	2.50	2.5	±0	●		

	m	策略性產業 C(A1 戶)	2.55	2.55	±0	●		
	m	策略性產業 D(A2 戶)	2.55	2.55	±0	●		
	m	梯廳 1	2.20	2.2	±0	●		
	m	排煙室 A	2.20	2.2	±0	●		
	m	排煙室 B	2.20	2.2	±0	●		
	m	樓梯 A	-	2.5	-	●		
	m	樓梯 B	-	2.5	-	●		
步行速度	m/分	策略性產業 A(A5 戶)	60	60	±0			●
	m/分	策略性產業 B(A3 戶)	60	60	±0			●
	m/分	策略性產業 C(A1 戶)	60	60	±0			●
	m/分	策略性產業 D(A2 戶)	60	60	±0			●
	m/分	梯廳 1	60	78	±18			●
	m/分	排煙室 A	60	78	±18			●
	m/分	排煙室 B	60	78	±18			●
	m/分	樓梯 A	-	78	-			●
	m/分	樓梯 B	-	78	-			●
人員密度	$人/m^2$	策略性產業 A(A5 戶)	0.08	0.08	±0			●
	$人/m^2$	策略性產業 B(A3 戶)	0.08	0.08	±0			●
	$人/m^2$	策略性產業 C(A1 戶)	0.08	0.08	±0			●
	$人/m^2$	策略性產業 D(A2 戶)	0.08	0.08	±0			●
	$人/m^2$	梯廳 1	-	0.3	-			●
	$人/m^2$	排煙室 A	-	0.3	-			●
	$人/m^2$	排煙室 B	-	0.3	-			●
	$人/m^2$	樓梯 A	-	0.3	-			●
	$人/m^2$	樓梯 B	-	0.3	-			●
可燃物發熱量	MJ/m^2	策略性產業 A(A5 戶)	720	720	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 B(A3 戶)	720	720	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 C(A1 戶)	720	720	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 D(A2 戶)	720	720	±0			●
室內裝修種類		策略性產業 A(A5 戶)	0.0014	0.0014	±0			●
		策略性產業 B(A3 戶)	0.0014	0.0014	±0			●
		策略性產業 C(A1 戶)	0.0014	0.0014	±0			●
		策略性產業 D(A2 戶)	0.0014	0.0014	±0			●
居室避難最大直角步距	m	策略性產業 A(A5 戶)	15.1	15.10	±0		●	
	m	策略性產業 B(A3 戶)	17.3	17.30	±0		●	
	m	策略性產業 C(A1 戶)	16.6	16.60	±0		●	
	m	策略性產業 D(A2 戶)	16.6	16.60	±0		●	

出口寬度	m	策略性產業 A(A5 戶)	1.5	1.50	±0		●	
	m	策略性產業 B(A3 戶)	1.5	1.50	±0		●	
	m	策略性產業 C(A1 戶)	1.5	1.50	±0		●	
	m	策略性產業 D(A2 戶)	1.5	1.50	±0		●	

2. 居室驗證結果計算表

2-1 原 Excel 表格

居室名稱	避難時間(分)			
	避難開始時間	步行時間	通過出入口時間	
居室A1	0.41	0.28	0.28	**0.97**
居室A2	0.41	0.28	0.28	**0.97**
居室A3	0.34	0.29	0.14	**0.77**
居室A5	0.34	0.25	0.12	**0.71**

2-2 防火避難樣版表格

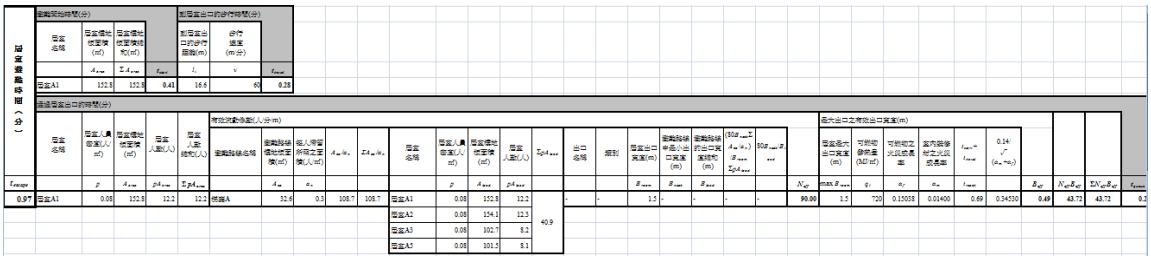
A	B	C	D	E	F	G	H	AP
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m²)	居室樓地板面積(m²)總和	避難開始時間(分)	到居室出口的步行時間(分)			居室避難時間(分)
					到居室出口	*步行速	到居室出口	
12FL	*策略性產業A	101.49 m²	101.5	0.34	15.10	60	0.25	0.72
12FL	*策略性產業B	102.74 m²	102.7	0.34	17.30	60	0.29	0.78
12FL	*策略性產業C	152.81 m²	152.8	0.41	16.60	60	0.28	0.98
12FL	*策略性產業D	154.11 m²	154.1	0.41	16.60	60	0.28	0.98

2-3 參數分類對應表格

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
避難開始時間	分	策略性產業 A(A5 戶)	0.34	0.34	±0	●		
	分	策略性產業 B(A3 戶)	0.34	0.34	±0	●		
	分	策略性產業 C(A1 戶)	0.41	0.41	±0	●		
	分	策略性產業 D(A2 戶)	0.41	0.41	±0	●		
到居室出口步行時間	分	策略性產業 A(A5 戶)	0.25	0.25	±0	●		
	分	策略性產業 B(A3 戶)	0.29	0.29	±0	●		
	分	策略性產業 C(A1 戶)	0.28	0.28	±0	●		
	分	策略性產業 D(A2 戶)	0.28	0.28	±0	●		
居室避難時間	分	策略性產業 A(A5 戶)	0.71	0.72	±0.01		●	
	分	策略性產業 B(A3 戶)	0.77	0.78	±0.01		●	
	分	策略性產業 C(A1 戶)	0.97	0.98	±0.01		●	
	分	策略性產業 D(A2 戶)	0.97	0.98	±0.01		●	

3. 居室避難時間計算表

3-1 原 Excel 表格-1



避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
居室A1	152.8	152.8	**0.41**	16.6	60	**0.28**

避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
居室A2	154.1	154.1	**0.41**	16.6	60	**0.28**

避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
居室A3	102.7	102.7	**0.34**	17.3	60	**0.29**

避難開始時間(分)				到居室出口的步行時間(分)		
居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積總和(㎡)		到居室出口的步行距離(m)	步行速度(m/分)	
	A_{area}	ΣA_{area}	t_{start}	l_i	v	t_{travel}
居室A5	101.5	101.5	**0.34**	15.1	60	**0.25**

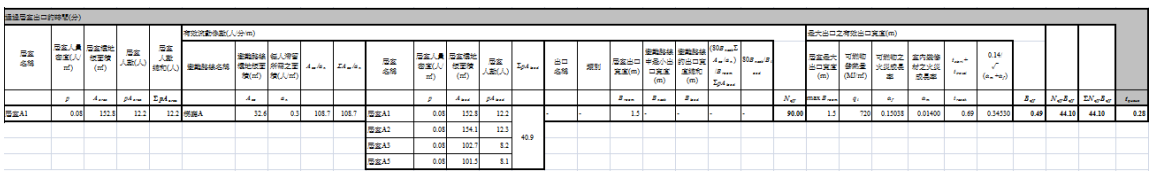
3-2 防火避難樣版表格-1

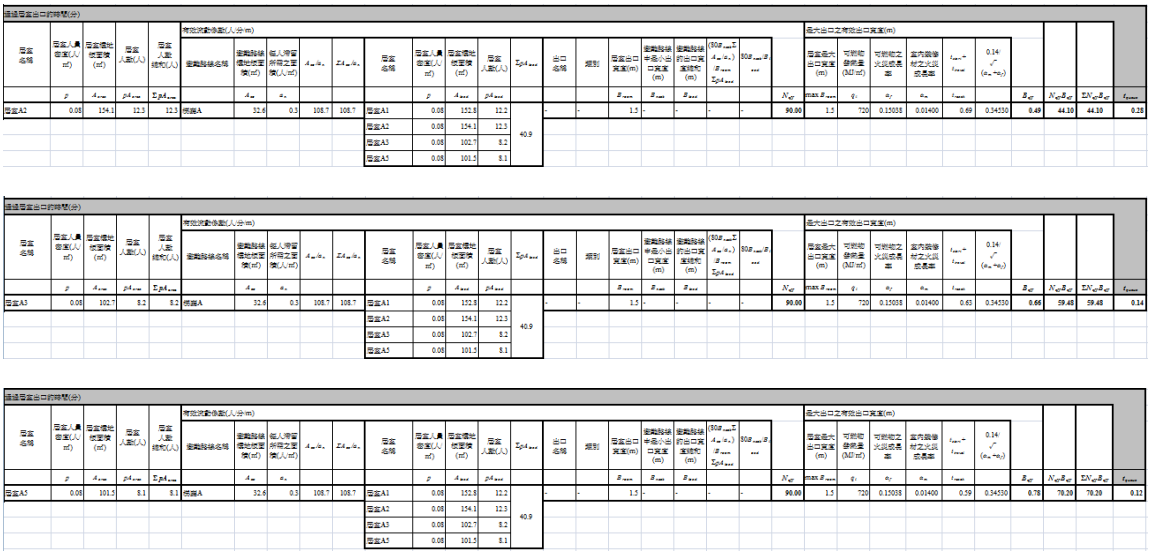
A	B	C	D	E	F	G	H
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積(㎡)總和	避難開始時間(分)	到居室出口的步行時間(分)		
					到居室出口	*步行速	到居室出口
12FL	*策略性產業A	101.49 ㎡	101.5	0.34	15.10	60	0.25
12FL	*策略性產業B	102.74 ㎡	102.7	0.34	17.30	60	0.29
12FL	*策略性產業C	152.81 ㎡	152.8	0.41	16.60	60	0.28
12FL	*策略性產業D	154.11 ㎡	154.1	0.41	16.60	60	0.28

3-3 參數分類對應表格-1

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	樣版自動建置之參數	外掛程式應變之變數	性能驗證技術手冊之參數
居室樓地板面積	m^2	策略性產業 A(A5 戶)	101.5	101.49	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 B(A3 戶)	102.7	102.74	±0.04	●		
	m^2	策略性產業 C(A1 戶)	152.8	152.81	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 D(A2 戶)	154.1	154.11	±0.01	●		
居室樓地板面積總和	m^2	策略性產業 A(A5 戶)	101.5	101.49	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 B(A3 戶)	102.7	102.74	±0.04	●		
	m^2	策略性產業 C(A1 戶)	152.8	152.81	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 D(A2 戶)	154.1	154.11	±0.01	●		
避難開始時間	分	策略性產業 A(A5 戶)	0.34	0.34	±0		●	
	分	策略性產業 B(A3 戶)	0.34	0.34	±0		●	
	分	策略性產業 C(A1 戶)	0.41	0.41	±0		●	
	分	策略性產業 D(A2 戶)	0.41	0.41	±0		●	
到居室出口步行距離	m	策略性產業 A(A5 戶)	15.1	15.10	±0		●	
	m	策略性產業 B(A3 戶)	17.3	17.30	±0		●	
	m	策略性產業 C(A1 戶)	16.6	16.60	±0		●	
	m	策略性產業 D(A2 戶)	16.6	16.60	±0		●	
步行速度	m/分	策略性產業 A(A5 戶)	60	60	±0			●
	m/分	策略性產業 B(A3 戶)	60	60	±0			●
	m/分	策略性產業 C(A1 戶)	60	60	±0			●
	m/分	策略性產業 D(A2 戶)	60	60	±0			●
到居室出口步行時間	分	策略性產業 A(A5 戶)	0.25	0.25	±0		●	
	分	策略性產業 B(A3 戶)	0.29	0.29	±0		●	
	分	策略性產業 C(A1 戶)	0.28	0.28	±0		●	
	分	策略性產業 D(A2 戶)	0.28	0.28	±0		●	

3-4 原 Excel 表格-2





3-5 防火避難樣版表格-2

I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
*人員密度(人/m²)	人員密度(係數)	居室人數	居室人數總和	有效流動係數(人/分/m)	居室最大出口寬度(m)	居室最小出口寬度(m)	*可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	*裝修材料之火災成長率	tstart+ttravel	0.14√(α m+ α f)	最大出口之有效出口寬度	NeffBeff-最大	NeffBeff-最小	ΣNeffBeff	通過居室出口的時間(分)
0.08	0.08	9	9	90	1.50	0.95	720	0.150881	0.014	0.59	0.345304	0.78	70.20	70.20	70.20	0.13
0.08	0.08	9	9	90	1.50	1.50	720	0.150881	0.014	0.63	0.345304	0.66	59.40	59.40	59.40	0.15
0.08	0.08	13	13	90	1.50	0.95	720	0.150881	0.014	0.69	0.345304	0.49	44.10	44.10	44.10	0.29
0.08	0.08	13	13	90	1.50	1.50	720	0.150881	0.014	0.69	0.345304	0.49	44.10	44.10	44.10	0.29

3-6 參數分類對應表格-2

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
居室人員密度	人/m²	策略性產業 A(A5 戶)	0.08	0.08	±0			●
	人/m²	策略性產業 B(A3 戶)	0.08	0.08	±0			●
	人/m²	策略性產業 C(A1 戶)	0.08	0.08	±0			●
	人/m²	策略性產業 D(A2 戶)	0.08	0.08	±0			●
居室人數	人	策略性產業 A(A5 戶)	8.1	9	±0.9	●		
	人	策略性產業 B(A3 戶)	8.2	9	±0.8	●		
	人	策略性產業 C(A1 戶)	12.3	13	±0.7	●		
	人	策略性產業 D(A2 戶)	12.2	13	±0.8	●		
居室人數總和	人	策略性產業 A(A5 戶)	8.1	9	±0.9	●		
	人	策略性產業 B(A3 戶)	8.2	9	±0.8	●		
	人	策略性產業 C(A1 戶)	12.3	13	±0.7	●		
	人	策略性產業 D(A2 戶)	12.2	13	±0.8	●		
有效流動係數	人/分/m	策略性產業 A(A5 戶)	90	90	±0		●	
	人/分/m	策略性產業 B(A3 戶)	90	90	±0		●	
	人/分/m	策略性產業 C(A1 戶)	90	90	±0		●	
	人/分/m	策略性產業 D(A2 戶)	90	90	±0		●	
居室最大出口寬度	m	策略性產業 A(A5 戶)	1.5	1.50	±0		●	

	m	策略性產業 B(A3 戶)	1.5	1.50	±0		●	
	m	策略性產業 C(A1 戶)	1.5	1.50	±0		●	
	m	策略性產業 D(A2 戶)	1.5	1.50	±0		●	
可燃物發熱量	MJ/m^2	策略性產業 A(A5 戶)	720	720	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 B(A3 戶)	720	720	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 C(A1 戶)	720	720	±0			●
	MJ/m^2	策略性產業 D(A2 戶)	720	720	±0			●
可燃物之火災成長率	-	策略性產業 A(A5 戶)	0.15038	0.150381	±0.000001			●
	-	策略性產業 B(A3 戶)	0.15038	0.150381	±0.000001			●
	-	策略性產業 C(A1 戶)	0.15038	0.150381	±0.000001			●
	-	策略性產業 D(A2 戶)	0.15038	0.150381	±0.000001			●
裝修材料之火災成長率	-	策略性產業 A(A5 戶)	0.001400	0.0014	±0		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	0.001400	0.0014	±0		●	
	-	策略性產業 C(A1 戶)	0.001400	0.0014	±0		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	0.001400	0.0014	±0		●	
$t_{start}+t_{travel}$	-	策略性產業 A(A5 戶)	0.59	0.59	±0		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	0.63	0.63	±0		●	
	-	策略性產業 C(A1 戶)	0.69	0.69	±0.01		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	0.69	0.69	±0		●	
$0.14/\sqrt{(\alpha_m+\alpha_t)}$	-	策略性產業 A(A5 戶)	0.34530	0.345304	±0.000004		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	0.34530	0.345304	±0.000004		●	
	-	策略性產業 C(A1 戶)	0.34530	0.345304	±0.000004		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	0.34530	0.345304	±0.000004		●	
B_{eff}	-	策略性產業 A(A5 戶)	0.78	0.78	±0		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	0.66	0.66	±0		●	
	-	策略性產業 C(A1 戶)	0.49	0.49	±0		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	0.49	0.49	±0		●	
N_{eff} B_{eff} 最大	-	策略性產業 A(A5 戶)	70.20	70.20	±0		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	59.48	59.40	±0.08		●	
	-	策略性產業 C(A1 戶)	44.10	44.10	±0		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	44.10	44.10	±0		●	
N_{eff} B_{eff} 最小	-	策略性產業 A(A5 戶)	90.00	70.20	±0		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	90.00	59.40	±0		●	
	-	策略性產業 C(A1 戶)	90.00	44.10	±0		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	90.00	44.10	±0		●	
$\sum N_{eff}+B_{eff}$	-	策略性產業 A(A5 戶)	70.20	70.20	±0		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	59.48	59.40	±0.08		●	

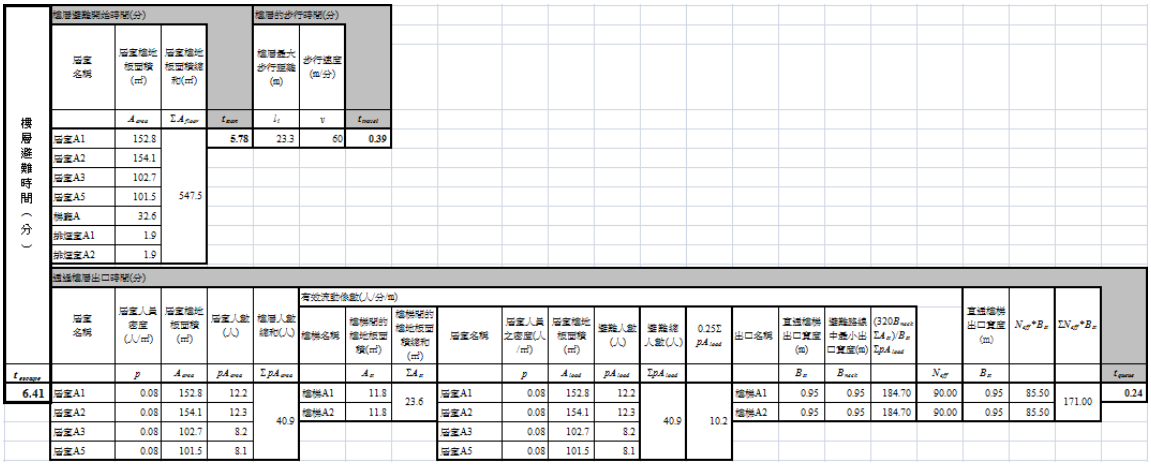
	-	策略性產業 C(A1 戶)	44.10	44.10	±0		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	44.10	44.10	±0		●	
居室通過出口時間	分	策略性產業 A(A5 戶)	0.12	0.13	±0.01		●	
	分	策略性產業 B(A3 戶)	0.14	0.15	±0.01		●	
	分	策略性產業 C(A1 戶)	0.28	0.29	±0.01		●	
	分	策略性產業 D(A2 戶)	0.28	0.29	±0.01		●	

4. 樓層驗證結果計算表

樓層避難時間(分)	12.778	煙層下降時間(分)						樓層煙層下降時間(分)	判定
		起火居室		煙層傳播路徑		最終居室			
避難開始時間(分)	4.269	策略性產業A	5.060	梯廳1	11.090	排煙室A	301.000	**317.150**	OK
步行時間(分)	0.658	策略性產業C	5.120	梯廳1	11.090	排煙室A	301.000	317.210	OK
通過出入口時間(分)	7.851	策略性產業A	5.060	梯廳1	9.900	排煙室B	868.000	882.960	OK

5. 樓層避難時間計算表

5-1 原 Excel 表格-1



樓層避難時間(分)		樓層避難開始時間(分)				樓層的步行時間(分)			
		居室名稱	居室檢地板面積(㎡)	居室檢地板面積總和(㎡)		樓層最大步行距離(m)	步行速度(m/分)	
			A_{area}	ΣA_{floor}	t_{start}	l_t	v	t_{travel}
		居室A1	152.8	547.5	**5.78**	23.3	60	**0.39**
		居室A2	154.1					
		居室A3	102.7					
		居室A5	101.5					
		梯廳A	32.6					
		排煙室A1	1.9					
t_{escape}		排煙室A2	1.9					
6.41								

5-2 防火避難樣版表格-1

<_ _樓層避難時間_1.居室樓地板面積總和(㎡)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		避難開始時間(分)								
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(㎡)	居室樓地板面積(㎡)總和	單位面積	區域面積轉數值	樓層避難開始時間(分)	樓層最大步行距離(m)	步行速度(住數)	樓層的步行時間(分)	樓層避難時間(分)tesscape
12FL	*策略性產業A	101.49 ㎡	101.49 ㎡	1.00 ㎡	101.489928	4.103	29.7	60.00	0.495	4.837
12FL	*策略性產業B	102.74 ㎡	102.74 ㎡	1.00 ㎡	102.744513	4.103	29.7	60.00	0.495	4.837
12FL	*策略性產業C	152.81 ㎡	152.81 ㎡	1.00 ㎡	152.814091	4.103	29.7	60.00	0.495	4.837
12FL	*策略性產業D	154.11 ㎡	154.11 ㎡	1.00 ㎡	154.105392	4.103	29.7	60.00	0.495	4.837
12FL	*梯廳1	32.55 ㎡	32.55 ㎡	1.00 ㎡	32.551963	4.103	29.7	78.00	0.381	4.723
12FL	*排煙室B	1.93 ㎡	1.93 ㎡	1.00 ㎡	1.930638	4.103	29.7	78.00	0.381	4.723
12FL	*排煙室A	1.93 ㎡	1.93 ㎡	1.00 ㎡	1.930638	4.103	29.7	78.00	0.381	4.723
總計: 7			547.57 ㎡		547.567158					

5-3 參數分類對應表格-1

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	手冊之參數 性能驗證技術
居室樓地板面積	m^2	策略性產業 A(A5 戶)	101.5	101.49	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 B(A3 戶)	102.7	102.74	±0.04	●		
	m^2	策略性產業 C(A1 戶)	152.8	152.81	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 D(A2 戶)	154.1	154.11	±0.01	●		
	m^2	梯廳 A	32.6	32.55	±0.05	●		
	m^2	排煙室 A	1.9	1.93	±0.03	●		
	m^2	排煙室 B	1.9	1.93	±0.03	●		
居室樓地板面積總和	m^2	策略性產業 A(A5 戶)	317.9	101.49	±0	●		
	m^2	策略性產業 B(A3 戶)	319.7	102.74	±0	●		
	m^2	策略性產業 C(A1 戶)	321.5	152.81	±0	●		
	m^2	策略性產業 D(A2 戶)	319.7	154.11	±0	●		
樓層避難開始時間	分	居室(全)	5.78	4.103	±0	●		
樓層最大步行距離	分	居室(全)	23.3	29.7	±0	●		
步行速度	m/分	策略性產業 A(A5 戶)	60	60.00	±0	●		
	m/分	策略性產業 B(A3 戶)	60	60.00	±0	●		
	m/分	策略性產業 C(A1 戶)	60	60.00	±0	●		
	m/分	策略性產業 D(A2 戶)	60	60.00	±0	●		
	m/分	梯廳 A	60	78.00	±18	●		
	m/分	排煙室 A	60	78.00	±18	●		
	m/分	排煙室 B	60	78.00	±18	●		
樓層的步行時間	分	策略性產業 A(A5 戶)	0.495	0.39	±0.105		●	
	分	策略性產業 B(A3 戶)	0.495	0.39	±0.105		●	
	分	策略性產業 C(A1 戶)	0.495	0.39	±0.105		●	
	分	策略性產業 D(A2 戶)	0.495	0.39	±0.105		●	
	分	梯廳 A	0.381	0.39	±0.009		●	
	分	排煙室 A	0.381	0.39	±0.009		●	

	分	排煙室 B	0.381	0.39	±0.009		●	

5-4 原 Excel 表格-2

居室名稱	居室人員密度 (人/㎡)	居室樓地板面積 (㎡)	居室人數 (人)	樓層人數總和(人)	有效流動係數(人/分/m) 樓梯名稱	樓梯間的樓地板面積(㎡)	樓梯間的樓地板面積總和 (㎡)	居室名稱	居室人員之密度(人/㎡)	居室樓地板面積 (㎡)	避難人數 (人)	避難總人數(人)	0.25Σ pA_{load}
	p	A_{area}	pA_{area}	ΣpA_{area}		A_n	ΣA_n		p	A_{load}	pA_{load}	ΣpA_{load}	
居室A1	0.08	152.8	12.2	40.9	樓梯A1	11.8	23.6	居室A1	0.08	152.8	12.2	40.9	10.2
居室A2	0.08	154.1	12.3		樓梯A2	11.8		居室A2	0.08	154.1	12.3		
居室A3	0.08	102.7	8.2					居室A3	0.08	102.7	8.2		
居室A5	0.08	101.5	8.1					居室A5	0.08	101.5	8.1		

5-5 防火避難樣版表格-2

<_ _樓層避難時間_3.樓層人數總和(人)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	避難開始時間(分)										
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m^2)	居室樓地板面積(m^2)	*人員密度(人/m^2)	人員密度(係數)	居室人數	居室人數總和	單位面積	區域面積轉數值	避難人數	0.25ΣpAload
12FL	*策略性產業A	101.49 m^2	101.49 m^2	0.08	0.08	8	8	1.00 m^2	101.489923	8.12	10.2
12FL	*策略性產業B	102.74 m^2	102.74 m^2	0.08	0.08	8	8	1.00 m^2	102.744513	8.22	10.2
12FL	*策略性產業C	152.81 m^2	152.81 m^2	0.08	0.08	12	12	1.00 m^2	152.814091	12.23	10.2
12FL	*策略性產業D	154.11 m^2	154.11 m^2	0.08	0.08	12	12	1.00 m^2	154.105392	12.33	10.2

5-6 參數分類對應表格-2

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	樣版自動建置之參數	外掛程式應變之變數	性能驗證技術手冊之參數
居室樓地板面積	m^2	策略性產業 A(A5 戶)	101.5	101.49	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 B(A3 戶)	102.7	102.74	±0.04	●		
	m^2	策略性產業 C(A1 戶)	152.8	152.81	±0.01	●		
	m^2	策略性產業 D(A2 戶)	154.1	154.11	±0.01	●		
居室人員密度	人/m^2	策略性產業 A(A5 戶)	0.08	0.08	±0			●
	人/m^2	策略性產業 B(A3 戶)	0.08	0.08	±0			●
	人/m^2	策略性產業 C(A1 戶)	0.08	0.08	±0			●
	人/m^2	策略性產業 D(A2 戶)	0.08	0.08	±0			●
居室人數	人	策略性產業 A(A5 戶)	8.1	8	±0.1	●		
	人	策略性產業 B(A3 戶)	8.2	8	±0.2	●		
	人	策略性產業 C(A1 戶)	12.2	12	±0.2	●		
	人	策略性產業 D(A2 戶)	12.3	12	±0.3	●		
避難人數	人	策略性產業 A(A5 戶)	8.1	8.12	±0.02	●		
	人	策略性產業 B(A3 戶)	8.2	8.22	±0.02	●		
	人	策略性產業 C(A1 戶)	12.2	12.23	±0.03	●		
	人	策略性產業 D(A2 戶)	12.3	12.33	±0.03	●		
0.25 ΣpA_{load}	-	策略性產業 A(A5 戶)	10.2	10.2	±0		●	
	-	策略性產業 B(A3 戶)	10.2	10.2	±0		●	
	-	策略性產業 C(A1 戶)	10.2	10.2	±0		●	
	-	策略性產業 D(A2 戶)	10.2	10.2	±0		●	

5-7 原 Excel 表格-3

出口名稱	直通樓梯出口實寬(m)	避難路線中最小出口實寬(m)	$(320B_{neck}\Sigma A_{st})/B_{st}\Sigma pA_{load}$		直通樓梯出口實寬(m)	$N_{eff}*B_{st}$	$\Sigma N_{eff}*B_{st}$	t_{queue}
	B_{st}	B_{neck}		N_{eff}	B_{st}			
樓梯A1	0.95	0.95	184.70	90.00	0.95	85.50	171.00	0.24
樓梯A2	0.95	0.95	184.70	90.00	0.95	85.50		

5-8 防火避難樣版表格-3

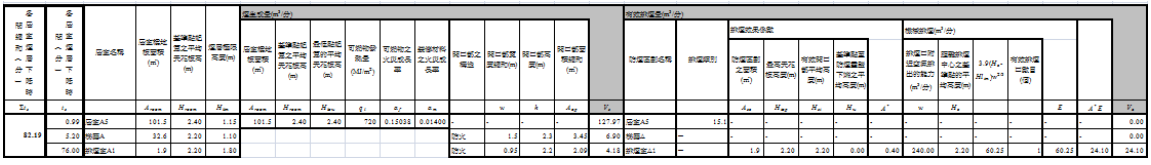
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
樓層	避難開始時間(分) 居室名稱	居室樓地板面積(m^2)	居室樓地板面積(m^2)	直通樓梯出口寬度(m)	避難路線中最小出口寬度(m)	單位面積	區域面積轉換數值	$(320B_{neck}\Sigma Ast)/Bst$ $\Sigma pAload$	有效流動係數(人/分/m)	Neff*Bst	ΣNeff*Bst	通過樓層出口時間(分)
12FL	*樓梯A	11.79 m^2	11.79 m^2	0.95	0.95	1.00 m^2	11.786459	184.65	90.00	85.50	171.00	0.239
12FL	*樓梯B	11.79 m^2	11.79 m^2	0.95	0.95	1.00 m^2	11.786459	184.65	90.00	85.50	171.00	0.239

5-9 參數分類對應表格-3

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數	樣版自動	應變之變數	外掛程式	手冊之參數	性能驗證技術
直通樓梯出口寬度	m	樓梯 A	0.95	0.95	±0				●		
	m	樓梯 B	0.95	0.95	±0				●		
避難路線中最小出口寬度	m	樓梯 A	0.95	0.95	±0				●		
	m	樓梯 B	0.95	0.95	±0				●		
$(320B_{neck}\Sigma A_{st})/B_{st}\Sigma pA_{load}$	-	樓梯 A	184.70	184.65	±0.05				●		
	-	樓梯 B	184.70	184.65	±0.05				●		
有效流動係數	人/分/m	樓梯 A	90.00	90.00	±0				●		
	人/分/m	樓梯 B	90.00	90.00	±0				●		
N_{eff} B_{eff}	-	樓梯 A	85.50	85.50	±0				●		
	-	樓梯 B	85.50	85.50	±0				●		
ΣN_{eff} B_{eff}	-	樓梯 A	171.00	171.00	±0				●		
	-	樓梯 B	171.00	171.00	±0				●		
通過樓層出口時間	分	樓梯 A	0.24	0.239	±0.001				●		
	分	樓梯 B	0.24	0.239	±0.001				●		

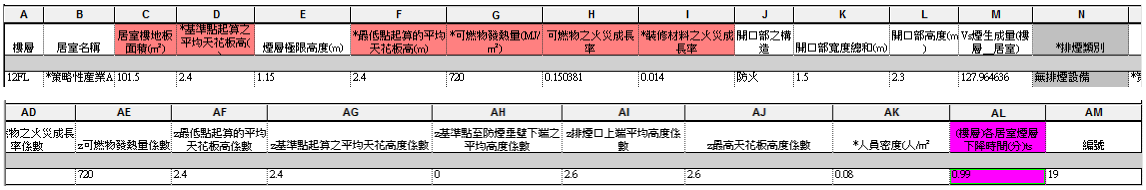
6. 樓層煙層下降時間計算表

6-1 原 Excel 表格



6-2 防火避難樣版表格

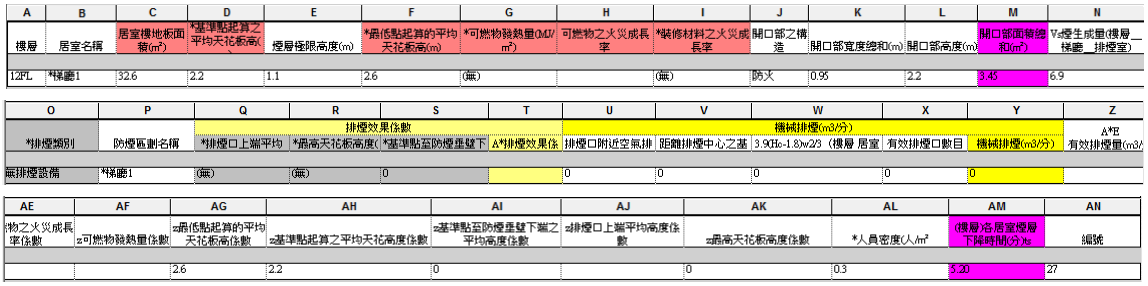
居室 A5



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m²)	*基準點起算之平均天花板高(m)	煙層極限高度(m)	*最低點起算的平均天花板高(m)	*可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	*裝修材料之火災成長率	開口部之構造	開口部寬度總和(m)	開口部高度(m)	Vd煙生成量(樓層_居室)	*排煙類別
12FL	*策略性產業A	101.5	2.4	1.15	2.4	720	0.150381	0.014	防火	1.5	2.3	127.964636	無排煙設備

AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
物之火災成長率係數	z可燃物發熱量係數	z最低點起算的平均天花板高係數	z基準點起算之平均天花高度係數	z基準點至防煙垂壁下端之平均高度係數	z排煙口上端平均高度係數	z最高天花板高度係數	*人員密度(人/m²)	(樓層)各居室煙層下降時間(分)ts	編號
	720	2.4	2.4	0	2.6	2.6	0.08	0.99	19

梯廳

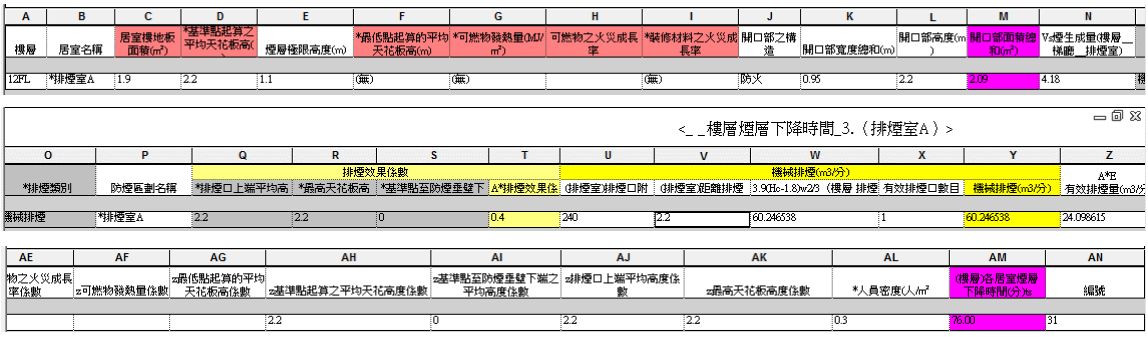


A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m²)	*基準點起算之平均天花板高(	煙層極限高度(m)	*最低點起算的平均天花板高(m)	*可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	*裝修材料之火災成長率	開口部之構造	開口部寬度總和(m)	開口部高度(m)	開口部面積總和(m²)	Vd煙生成量(樓層_梯廳_排煙室)
12FL	*梯廳1	32.6	2.2	1.1	2.6	(無)		(無)	防火	0.95	2.2	3.45	6.9

O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
		排煙效果係數						機械排煙(m3/分)			A*E
*排煙類別	防煙區劃名稱	*排煙口上端平均	*最高天花板高度(	*基準點至防煙垂壁下	A*排煙效果係	排煙口附近空氣排	距離排煙中心之基	3.9(Hs-1.8)w2/3 (樓層 居室	有效排煙口數目	機械排煙(m3/分)	有效排煙量(m3/
無排煙設備	*梯廳1	(無)	(無)	0		0	0	0	0	0	

AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
物之火災成長率係數	z可燃物發熱量係數	z最低點起算的平均天花板高係數	z基準點起算之平均天花高度係數	z基準點至防煙垂壁下端之平均高度係數	z排煙口上端平均高度係數	z最高天花板高度係數	*人員密度(人/m²)	(樓層)各居室煙層下降時間(分)ts	編號
		2.6	2.2	0		0	0.3	5.20	27

排煙室 A



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
樓層	居室名稱	居室樓地板面積(m²)	*基準點起算之平均天花板高(	煙層極限高度(m)	*最低點起算的平均天花板高(m)	*可燃物發熱量(MJ/m²)	可燃物之火災成長率	*裝修材料之火災成長率	開口部之構造	開口部寬度總和(m)	開口部高度(m)	開口部面積總和(m²)	Vd煙生成量(樓層_梯廳_排煙室)
12FL	*排煙室A	1.9	2.2	1.1	(無)	(無)		(無)	防火	0.95	2.2	2.09	4.18

<_ _樓層煙層下降時間_3.(排煙室A)>

O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
		排煙效果係數						機械排煙(m3/分)			A*E
*排煙類別	防煙區劃名稱	*排煙口上端平均高	*最高天花板高	*基準點至防煙垂壁下	A*排煙效果係	(排煙室)排煙口附	(排煙室)距離排煙	3.9(Hs-1.8)w2/3 (樓層 排煙	有效排煙口數目	機械排煙(m3/分)	有效排煙量(m3/
機械排煙	*排煙室A	2.2	2.2	0	0.4	240	2.2	60.246538	1	60.246538	24.098615

AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
物之火災成長率係數	z可燃物發熱量係數	z最低點起算的平均天花板高係數	z基準點起算之平均天花高度係數	z基準點至防煙垂壁下端之平均高度係數	z排煙口上端平均高度係數	z最高天花板高度係數	*人員密度(人/m²)	(樓層)各居室煙層下降時間(分)ts	編號
			2.2	0	2.2	2.2	0.3	76.00	31

6-3 參數分類對應表格

項目名稱	單位	居室名稱	原 Excel 表格	防火避難樣版表格	數值比較	建置之參數 樣版自動	應變之變數 外掛程式	性能驗證技術
居室樓地板面積	m^2	居室 A5	101.5	101.5	±0	●		
	m^2	梯廳 A	32.6	32.6	±0	●		
	m^2	排煙室 A	1.9	1.9	±0	●		
基準點起算之平均天花板高度	m	居室 A5	2.40	2.4	±0	●		
	m	梯廳 A	2.20	2.2	±0	●		
	m	排煙室 A	2.20	2.2	±0	●		
煙層極限高度	m	居室 A5	1.15	1.15	±0	●		
	m	梯廳 A	1.10	1.1	±0	●		
	m	排煙室 A	1.80	1.8	±0	●		
最低點起算之平均天花板高度	m	居室 A5	2.40	2.4	±0	●		
	m	梯廳 A	2.40	2.4	±0	●		

	m	排煙室 A	2.40	-	-	●		
可燃物發熱量	MJ/m^2	居室 A5	720	720	±0		●	
可燃物之火災成長率	-	居室 A5	0.15038	0.150381	±0.000001		●	
裝修材料之火災成長率	-	居室 A5	0.001400	0.0014	±0		●	
	m	梯廳 A	1.5	1.5	±0		●	
	m	排煙室 A	0.95	0.95	±0		●	
	m	梯廳 A	2.3	2.2	±0.1		●	
	m	排煙室 A	2.2	2.2	±0		●	
	m^2	梯廳 A	3.45	3.45	±0		●	
	m^2	排煙室 A	2.09	2.09	±0		●	
煙生成量	m^3/分	居室 A5	127.97	127.964636	±0.005364		●	
	m^3/分	梯廳 A	6.90	6.9	±0		●	
	m^3/分	排煙室 A	4.18	4.18	±0		●	
	m	排煙室 A	2.20	2.2	±0		●	
	m	排煙室 A	0.00	0	±0		●	
	-	排煙室 A	0.40	0.4	±0		●	
	m^3/分	排煙室 A	240.00	240	±0		●	
	m	排煙室 A	2.20	2.2	±0		●	
	-	排煙室 A	60.25	60.246538	±0.003462		●	
有效排煙口數目	個	排煙室 A	1	1	±0		●	
機械排煙量	m^3/分	排煙室 A	60.25	60.246538	±0.003462		●	
A*E 有效排煙量	m^3/分	排煙室 A	24.10	24.098615	±0.001385		●	

第三節 小結

透過本研究所建置的「Template 防火避難樣版」初版，經由案例驗證後，依據其分析數值之結果，獲得下列結論：

1. 應用傳統方式人工操作讀取 AutoCAD 資訊所產出之防火避難 excel 明細表格，與本研究利用 BIM 技術所產出之「Template 防火避難樣版」excel 明細表格，多數值比較之結果，兩者係屬於容許誤差範圍內。其差異主要原因在於 BIM 物件導向之應用，是以空間中「體積」的方式將「淨」參數值匯出；有別於 2D AutoCAD 作業未將室內有關建築物結構主體中的梁、柱、分間牆等體積扣除，只以「面積」和「高度」為基礎的計算。應用 BIM 作業模式，可連動防火避難前提條件參數數值，提升防火避難評估公司等使用者作業的便利性，達到節省人工手動操作、縮短時程的目的；亦提升參數數值的精確度及防火避難性能驗證結果數值的精準度，減少人工輸入、輸出 AutoCAD 錯誤資訊以及修改資料之可能，影響後續驗證結果的計算。

2. 本研究以新北市政府「建造執照電腦輔助查核系統」為發展概念，先後運用科技辦公大樓及住宅大樓之案例驗證與建築物防火避難安全性能驗證手冊中的參數資訊後，導入 BIM 中，除了建置本研究所設計之建築物防火避難安全性能驗證 BIM 樣版檔－「Template 防火避難樣版初版」之外，另將提供初步的樣版操作手冊－「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」（以其一案例撰寫操作手冊之內容），以求為防火避難資訊化之開端，詳見附錄七。

3. 本次研究為 BIM 導入防火避難性能計算之開端，以 Dynamo 外掛軟體程式輔助 Revit 軟體建置提擬「Template 防火避難樣版」初版，以謂為防火避難 BIM 資訊化之初步開端，其提出未來具體可做為後續研究之三點方向，分別為（1）可加強各類型案例測試之實證、(2）納入防火避難性能驗證常使用之簡易二層設定、(3）為避免使用者擅自修改樣版，發展以 C++程式語言撰寫之樣版，可利於樣版管理者鎖定不可變更之參數及連動參數，並且提出更完善之可供防火避難驗證業界操作之版本，提供業界操作測試，以利業界回饋使用意見及確認模型資訊正確性，藉以優化系統。

第六章 性能式設計軟體應用

第一節 CFD 概念

壹、 CFD 簡介

CFD 是英文 Computational Fluid Dynamics（計算流體動力學）的簡稱。它是伴隨著電腦技術、數值計算技術的發展而發展的。簡單地說，CFD 相當於 "虛擬" 地在電腦做實驗，用以模擬實際的流體流動情況。而其基本原理，而是數值求解控制流體流動的微分方程，得出流體流動的流場在連續區域上的離散分佈，從近似模擬流體流動情況。可以認為 CFD 是現代模擬模擬技術的一種。

計算流體力學和相關的計算傳熱學，計算燃燒學的原理是用數值方法求解非線性聯立的品質、能量、組分、動量和自訂的標量之微分方程組，求解結果能預報流動、傳熱、傳質、燃燒等過程的細節，並成為過程裝置優化和放大定量設計的有力工具。計算流體力學的基本特徵是數值模擬和電腦實驗，它從基本物理定理出發，在很大程度上替代了耗資巨大的流體動力學實驗設備，在科學研究和工程技術中產生巨大的影響。是目前國際上一個強有力的研究領域，是進行傳熱、傳質、動量傳遞及燃燒、多相流和化學反應研究的核心和重要技術，廣泛應用於航太設計、汽車設計、生物醫學工業、化工處理工業、渦輪機設計、半導體設計等諸多工程領域。

貳、 CFD 軟體求解一般流程

CFD 軟體的一般結構由前處理、求解器、後處理三部分組成。前處理、求解器及後處理三大模組，各有其獨特的作用，分別表示如下：

表 6- 1 CFD 軟體一般處理流程

前處理	求解器	後處理
1 幾何模型 2. 劃分網格	1. 確定 CFD 方法的控制方程 2. 選擇離散方法進行離散 3. 選用數值計算方法 4. 輸入相關參數	速度場、溫度場、壓力場及其它參數的電腦視覺化及動畫處理

第二節 火災煙氣模擬軟體 FDS 簡介

「火場數值模擬軟體 FDS（Fire Dynamics Simulator）」是由「美國國家標準與技術協會 NIST（National Institute of Standards and Technology）」機構下之「建築與火災研究試驗室 BFRL（Building and Fire Research Laboratory）」所研發，FDS 是近幾年來全世界各國對於火災研究的使用者所使用最多的電腦火場數值模擬軟體。

FDS 係為火災熱流之計算「流體動力 CFD（Computational Fluid Dynamic）」模式，並採用「LES（Large Eddy Simulation）方程式」的火災模擬軟體，可利用於模擬三維空間的火災情境，將模擬範圍分割為若干立方體計算「網格（Computational Grid）」，利用數值方式求解各項守恆之方程式，因此格點劃分的越細微，計算上也越繁雜，所需之時間亦相對較久，但結果會較為合理精確，可以精確地預估火災發生時火場的壓力、溫度、速度與煙流流動等火災的物理數據。

壹、 Smokeview

Smokeview 是結合 FDS 的一個數據產出後的處理軟體，當計算完成後，透過 Smokeview 以 2D 圖形及 3D 動畫的效果，將空間狀況與模擬結果輸出至螢幕上，對於火災現場之溫度、熱傳導、熱輻射、熱對流、O_2濃度、CO_2濃度、CO濃度、可視距離等欲獲知之參數，可方便使用者可以從螢幕上清楚及簡單地呈現及了解整個火災發展之過程與模擬結果。其軟體架構圖如下圖所示。

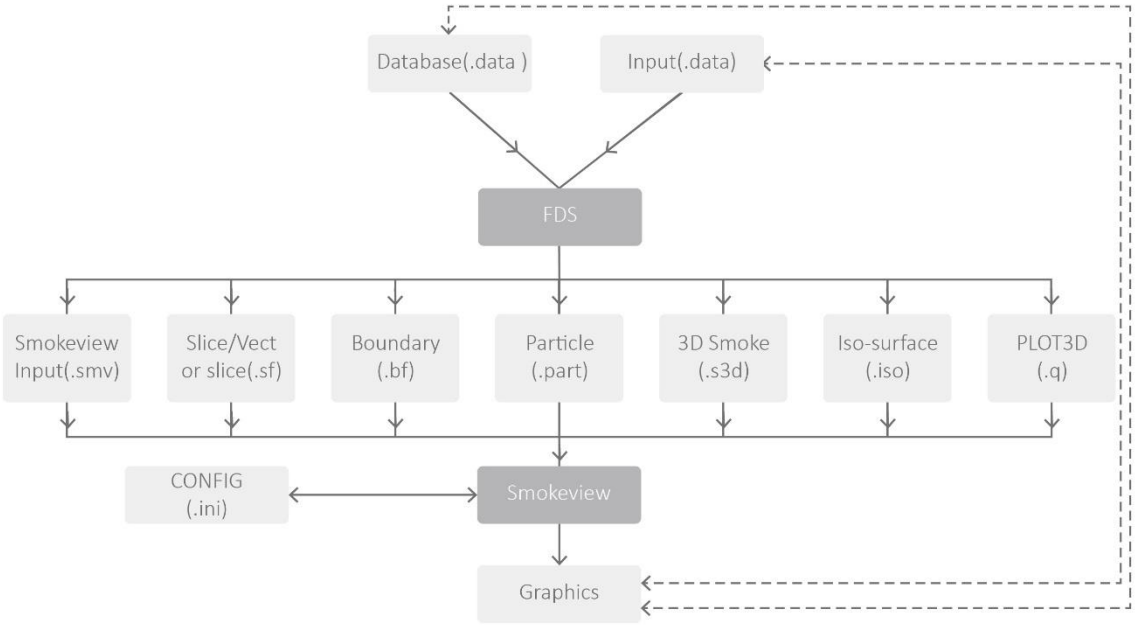


圖 6- 1 FDS 軟體架構圖（資料來源：本研究繪製）

貳、 FDS 與 Smokeview

火場數值模擬軟體 FDS 為一種「場域模式（Field Model）」，相較於「區域模式（Zone Model）」，對於火場實際之狀況有更精確的模擬，而隨著電腦技術不斷地進步，亦逐漸解決了 FDS 對電腦運算能力的要求。

對於火場數值模擬軟體來說，後續處理應能清楚及簡單地呈現出模擬結果。FDS 具有完善之後續處理程式 Smokeview，首先針對欲模擬之對象物及所需輸出（Output）之結果建立一輸入檔（Input），包括：.smv、.sf、.bf、.part、.s3d、.iso、.q、.ini，再經由 Smokeview 以觀看整個模擬計算過程，對於模擬火災中煙層流動方向、煙層溫度、煙層下降速度、煙層厚度、火場能見度、燃燒熱釋放率（HRR）、可燃物燃燒速度、自動撒水頭撒水動作及撒水分佈、感熱式探測器動作、通風設備、火場溫度分佈、壓力、熱傳導、熱輻射、熱對流、O^{-2} 濃度、CO 濃度、CO^{-2} 濃度、可視距離、排煙設備動作……等欲獲知之參數，均能以 3D 動畫之方式清楚地呈現。

FDS 附有一完整「資料庫（Database）」，內含有多種常用材質（木材、塑

膠、鋼等）及燃料（煤油、酒精等）的熱物理特性參數、化學反應參數及撒水頭等，可省去使用者尋找特定參數之困擾。

NIST 建置有廣泛的火場實驗資料庫，FDS 可與這些實驗進行比對，因此程式的可靠度及精確度極佳，足夠提供予防火工程使用。

FDS 可至 NIST 網站（http://fire.nist.gov/fds）免費下載軟體，其取得容易、安裝簡單迅速、節省研究經費、同時更新快速。

參、 驗證方法比較

表 6- 2 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊與 FDS

驗證方法	建築物防火避難安全性能驗證技術手冊	FDS 火場數值模擬軟體
法源依據	建築技術規則總則編第 3 條及第 3 條之 4	—
書目依據	建築物防火避難安全性能驗證技術手冊	美國國家標準與技術協會（NIST）與建築與火災研究試驗室（BFRL）
來　　源	日本	美國
適用範圍	建築技術規則總則編第 3 條之 3	—
限制條件	$A_{area} \leqq 1500\ (m^2)$ $H_{lim} < 20\ (m)$	—
起火室假設	多個起火室假設	單一起火室假設
火源設計	$Q = \alpha t^2$（未使用）	$Q = \alpha t^2$
空間模式	區域模式 Zone Model	場域模式 Field Model
煙生成率 (kg/s)	$V_s = 9\left[(\alpha_f + \alpha_m)A_{room}\right]^{\frac{1}{3}}\left[H_{low}{}^{\frac{5}{3}} + (H_{low} - H_{room} + 1.8)\right]^{\frac{5}{3}}$	電腦網格 Computational Grid
自然排煙 (kg/s)	$V_e = \frac{0.4}{60}\left(\frac{\overline{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8}\right) 19A_s\sqrt{h_s}$	電腦網格 Computational Grid

機械排煙 (kg/s)	$V_e = \frac{0.4}{60}\left(\frac{\overline{H}_{st} - 1.8}{H_{top} - 1.8}\right)$ $3.9(H_c - 1.8)w^{\frac{2}{3}}$	電腦網格 Computational Grid
研究方法適性原因	係屬量化公式提供建置計算，採用。	係屬電腦網格（Grid）與數值計算，不採用

第三節 FDS 前端處理器 PyroSim 簡介

壹、 PyroSim 介紹

Thunderhead Engineering PyroSim 簡稱 PyroSim，是由美國標準技術研究院（National Institute of Standards and Technology ，NIST）研發的，專用於火災動態模擬類比（Fire Dynamic Simulation，FDS）的軟體。美國國家標準與技術研究院（NIST）直屬美國商務部，從事物理、生物和工程方面的基礎和應用研究，以及測量技術和測試方法方面的研究，提供標準、標準參考資料及有關服務，在國際上享有很高的聲譽。PyroSim 是在 FDS 的基礎上發展起來的，它為火災動態模擬（FDS）提供了一個圖形化使用者介面。

PyroSim 提供二維和三維幾何創建功能，並可使用旋轉、複製、移動等等功能簡化空間建立之程序。現代建築外觀的多樣化及量體的大型化增加了分析者建立模型之難度，為了能有效提高分析者運用 FDS 之效率，使用可視化之建模軟體創建空間之模型並設定空間之邊界條件，除了可降低建模之困難度，亦可減少分析者在空間建立及邊界條件設定發生錯誤之可能，或是在第一時間即可進行修正。

PyroSim、FDS 及 Smokeview 均為美國標準技術研究院 NIST 研發的針對建築火災仿真模擬的軟體。其屬於一套火場氣體流動計算軟體，是 CFD 的一種。與 CFD 軟體結構相似，這套火災仿真模擬軟體也分為前處理、求解器、後處理三個部分，PyroSim 既為前處理階段，FDS 屬於求解器，而 Smokeview 屬於後處理部分。

貳、 PyroSim 建模流程

1. 建立幾何物體（Obstruction）

在 PyroSim 繪圖的介面中，可透過直接建立 3D 模型或是透過 2D 分別繪製各樓層空間幾何，在 2D 的建構模式中，可匯入建築平面圖做為考，可支援之檔案格式如 bmp, dxf, gif, jpg, png, tga, 及 tif，複雜之建築空間以 2D 方式進行較為快速。

2. 設定表面性質（Surface）

此步驟用於定義固體（solid）以及通風口（vent）之性質，在此，固體表面可 定義熱傳導、或是燃燒性質；通風口則可定義風速或溫度等性質。

3. 設置排煙設備（Devices）

建模過程中可依建築設計建立撒水設備、火警探測器以及機械排煙設備， 前兩項均屬設備（device）之設定，而機械排煙設備則以通風口（vent）進行設 定，其中火警探測器目前具有連動其他設備之功能，此功能亦大為提升模擬之真實度。

4. 設置量測點（Devices）

運用 FDS 計算之前，分析者須先由建築模型判斷模擬空間內何處具有重要之 分析結果，如 CO、溫度、能見度、熱輻射及速度場等，由事前之規劃，模型建 立時即進行量測點設置，量測點對於不同之量測對象可分氣體及固體之量測點（gas phase and solid phase device），在量測點設置處可獲得對應時間之量化數據。

5. 設定初始條件

模型空間內之初始環境條件亦可在 PyroSim 平台設定，初始條件一般以設定 環境溫度為主。

6. 設定邊界條件

模型之邊界條件設定即為重要，在建築空間開口部以及外氣是否有速度場 之存在均應詳細考慮以進行設定，對於與外氣連通或是自然風影響均可透過通 風口（vent）進行設定。

7. 劃分網格（Meshes）

透過 Meshes 可將所建之模型劃分網格，就網格大小可分為單一網格（Uniform Meshes）及非單一網格（Nonuniform Meshes），在較為龐大之模型內使 用單一網格易造成網格數過多導致運算時間過長或是無法分析之情形，當網格 數目過多但放大網格大小又會導致計算結果誤差過大之情況下，建議使用非單 一網格，將模型切割為多個空間，在各空間以不同大小之網格進行劃分，一般 以火源附近區域使用最小之網格，而向外區域則可略為放大。不論是以單一網 格或是非單一網格進行網格劃分時，分析者均應進行網格測試，以找尋合理之 網格大小。

8. 設定計算條件（Simulation parameter）

在此可設定模型運用 FDS 計算之時間及求解方法，運算時間以秒為單位，而 求解方法可選擇 Large Dddy（LDS）或是 Direct Numerical（DNS）。

第四節 案例驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 應用

在傳統電腦模擬的性能式設計中，不論是直接在 FDS 中鍵入命令方式，亦或是在 PyroSim 中直觀建構 3D 模型，均需對 AutoCAD 圖檔進行二次解讀并重新建模。這個過程中，就會存在對模型把握不夠精確、誤操作等錯誤，造成所建模模擬之模型與實際工程圖紙中出現一定偏差。因此，若能直接利用 BIM 工程模型中之幾何模型部分，導入到 FDS 中，再進行消防上之設定，不會出現前二次建模後之錯誤、偏差，其模擬結果會更加接近真實情況。

BIM 是資訊模型，包含了幾何及非幾何等各種信息之集合。針對性能式設計電腦模擬中的具體情況，需提取 BIM 模型中的幾何資訊，并將其轉化成 FDS 中可進行火災模擬之工程算例，因此，拋轉模型主要是通過 FDS 的前端處理器 PyroSim 連結而實現。PyroSim 本身可識別的檔案類型有很多，如 bmp, dxf, gif, jpg, png, tga, 及 tif 等。其中有圖檔、2D 電子檔及 3D 電子檔。本研究案所應用 BIM 軟體為 Revit，其本身轉檔格式有 dxf 格式，可以將 Revit 模型的幾何部分輸出，並在 PyroSim 軟體中直接顯示其幾何模型。利用 PyroSim 軟體進行火災模擬工程相關設定後，最終轉換成 FDS 所識別之語言，如下圖。

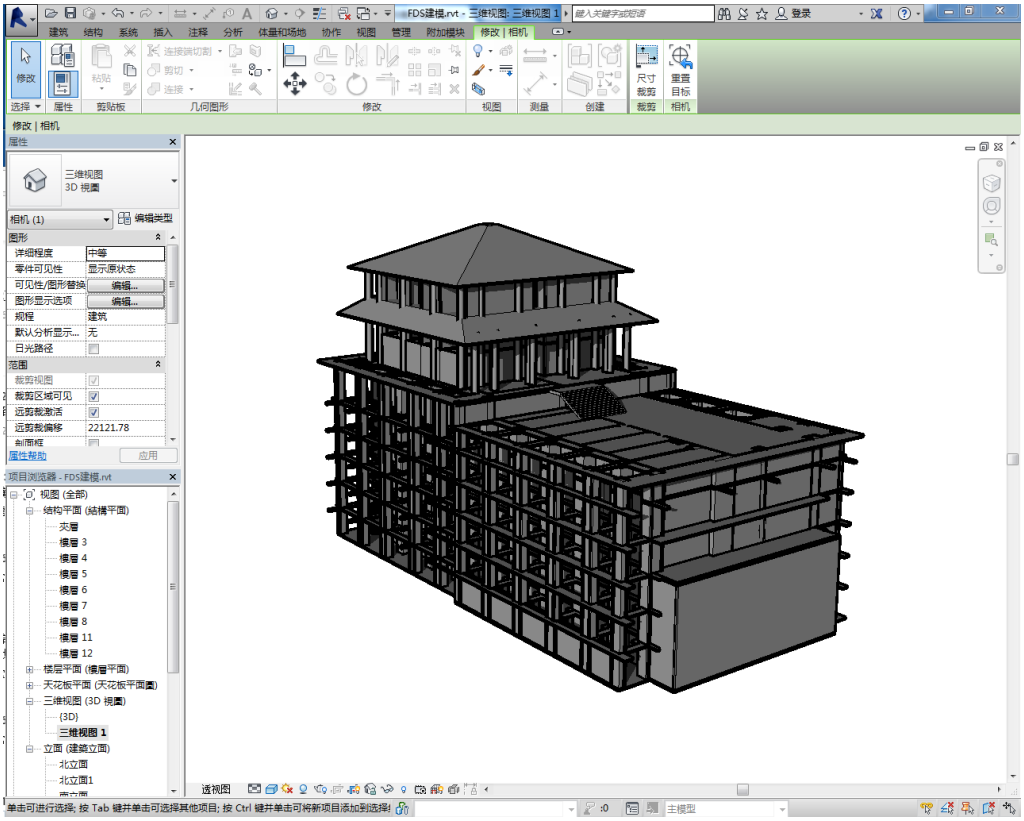


圖 6- 2 Revit 檔案 3D 模型

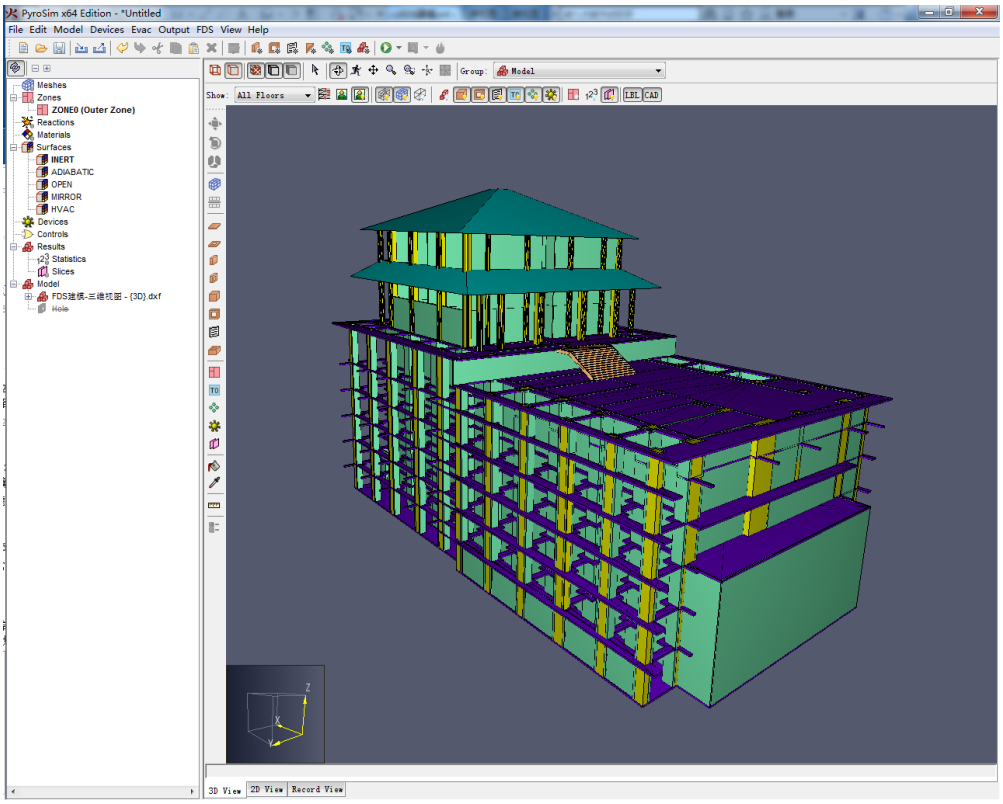


圖 6- 3 拋轉後 PyroSim 檔案 3D 模型

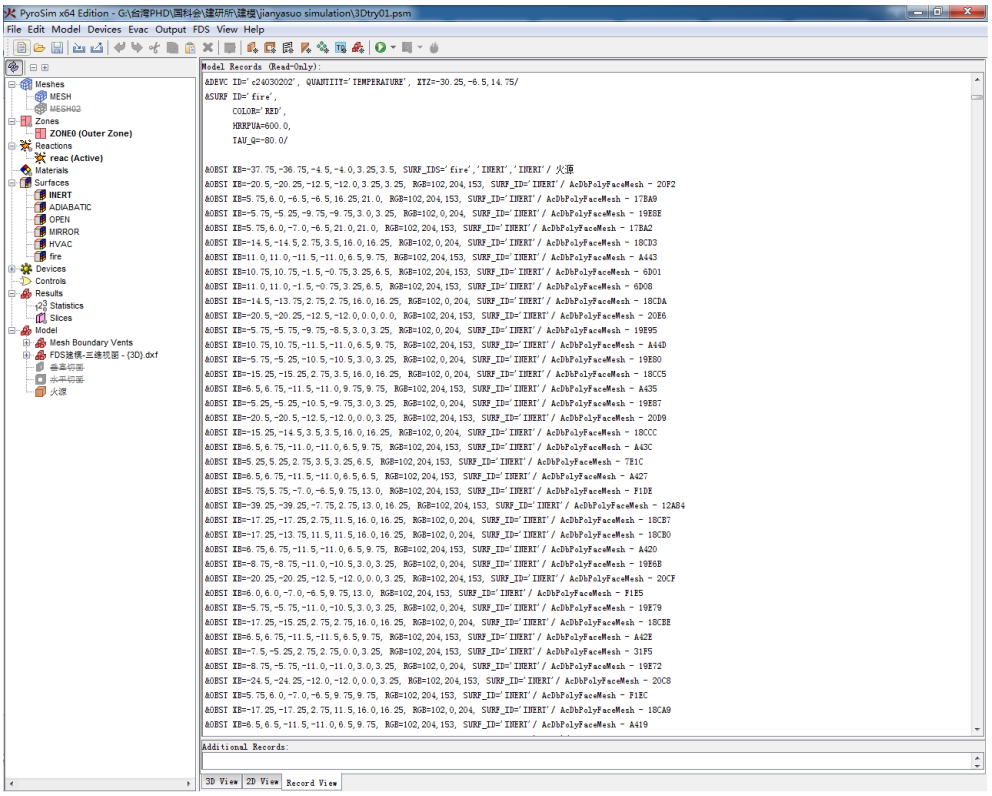


圖 6- 4 PyroSim 檔案轉換為 FDS 語言

第五節 轉換模型後模型再處理

壹、 PyroSim 幾何模型再處理

將 BIM 幾何模型導入至 FDS 前處理器 PyroSim 中後，其幾何模型信息是準確無誤的，這與之前需二次建模相比，不僅極大的節省了時間且不會出現偏差。在實際操作過程中，我們也發現了一些問題，Revit 模型中，各建築構件如門、窗及消防設備等，均以幾何信息形式轉換到 FDS 模型之中，門、窗均為實牆之性質，為封閉狀態，如下圖。各類消防設備並不能在工程模擬中有相應之功效。故需根據具體工程案例，在 PyroSim 中，對其門、窗及煙感探頭、自動撒水裝置、補風機、排風機等消防設施進行重新設置及定義。

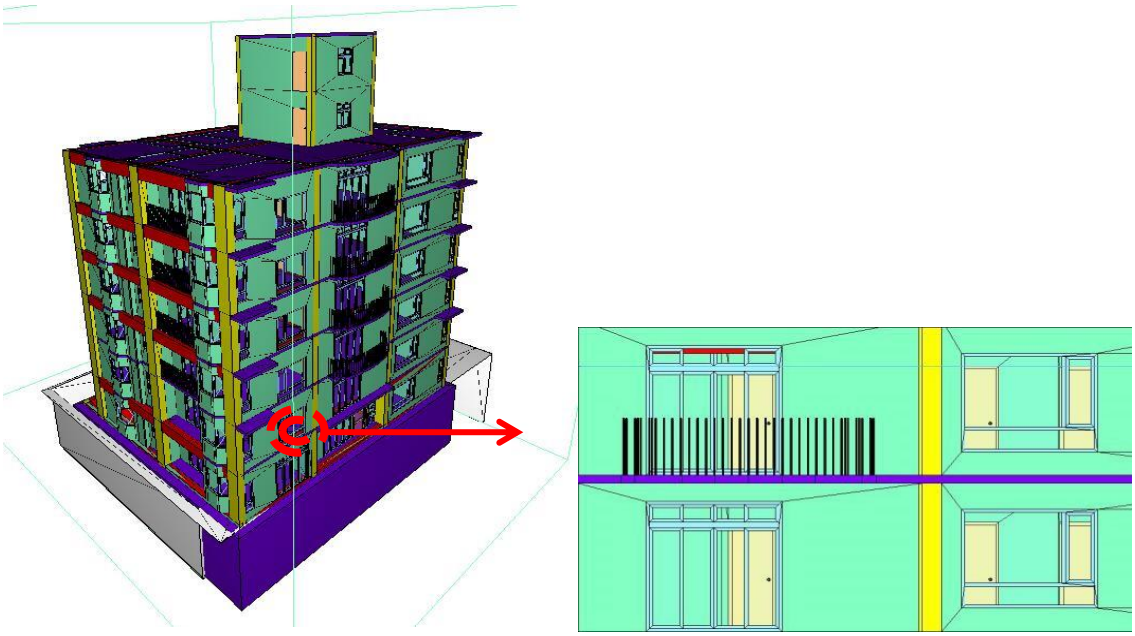


圖 6- 5 BIM 幾何信息拋轉後門窗為封閉狀態

貳、 FDS 設置完整電腦模擬模型

本研究案所採用之模型為已有 FDS 模擬過之工程案例，區別在於原案例採用 FDS 鍵入信息建模，而本案採用 BIM 拋轉導入幾何模型建模。模型其它部分如：火源規模、燃燒速率、火源位置及測點位置等均與原工程案例一致。具體設置情況如下。

1. 火災情景

工程案例為五層建築，每一層均有設置火災情景，本研究案採用最危險之情景，模擬結果與原案例進行比照，其情景說明如下：

表 6- 3 FDS 火災情景設置說明

火源位置	火源規模	火源燃燒速率	火源成長模式
2F 走廊	300kW (共 1 處)	快速成長曲線 α =0.04689	T-squared（t^2） 嚴苛設定火源達到最大火源規模 0.3 MW 後，維持定值，不隨時間衰退

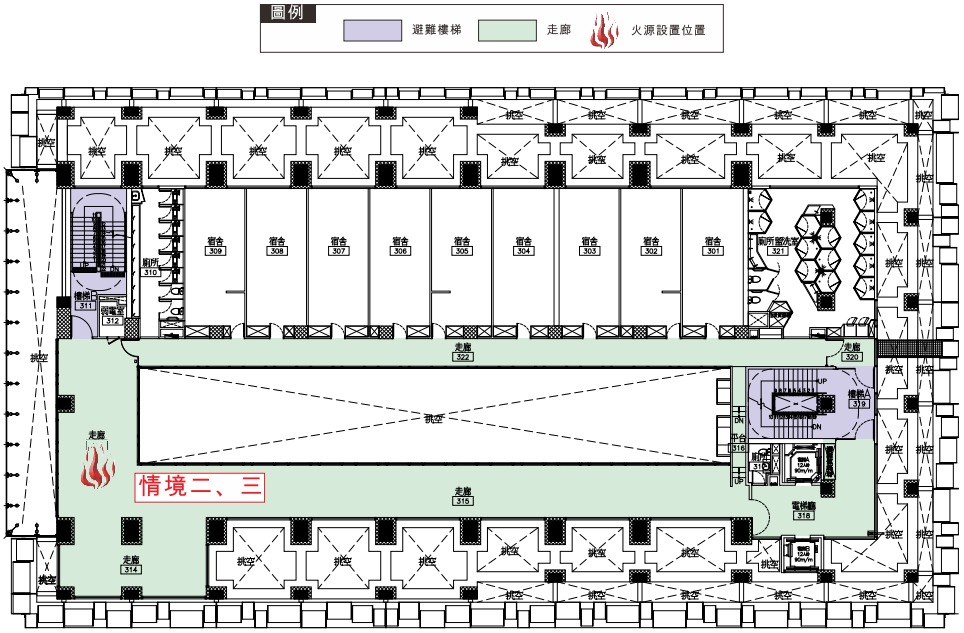


圖 6- 6　2F 走廊火源設置位置

網格設置：因重新建模不能與原工程模型完全一致，所以格點大小及總數會略有不同，但為保證模擬結果更精確，格點大小會比原有模型更精細。設置說明如下：

表 6- 4 FDS 格點設置說明

案例	總格點數	格點大小
原工程案例模型	2,367,000	全區配置均勻格點，大小為 30*30*30cm
BIM 拋轉 FDS 模型	2,592,000	全區配置均勻格點，大小為 25*25*25cm

2. 煙毒危害判定標準

火災會產生如一氧化碳、二氧化碳等有害人體之致命性氣體，同時會引起空氣中氧氣濃度之不足，當各種氣體到達人體所能承受之極限時，便會對避難人員造成逃生困難甚至造成生命危害。

同時，煙由於成分中含有碳粒及焦油，故在濃度增高時便足以遮蔽光線而造成視覺的障礙，進而降低能見度，妨礙避難人員從火場中逃生。而能見度的高低取決於煙的成分、濃度、微粒的大小、分布的情況以及照明設備等狀況，其中煙的濃度可以由當光線照射經過煙氣時降低光線的亮度或可視度（Visibility）來測定。故本案將逃生可視度（Visibility）列為影響避難重要因素之一。

火災中之主要危害狀況影響因素在 SFPE 防火設計手冊（SFPE Handbook of Fire Protection Engineers）及紐西蘭設計指南（Fire Engineering Design Guide）中有詳細規定，其對於人體承受危害程度之規定分述如下：

紐西蘭設計指南

紐西蘭設計指南中詳述，當火災發生時人體對於溫度忍受方面以小於 60℃為極限，在煙毒忍受能力以 CO 須小於 1400ppm、HCN 須小於 80ppm、O2 大於

12%、CO2 須小於 5%為人體忍受極限，同時熱幅射量須小於 2.5 kw/㎡，上述之基準值均是人體不得暴露超過 30 分鐘的極限值。

在可視距離範圍方面，紐西蘭設計指南建議最小可視距離 10m 為維持最基本健康條件的簡單判斷方法，最小可視距離 10m 時煙毒尚不至於產生累積到可危害人體之量，也不至於造成逃生避難上之危害，上述相關數據如表 6-5 及表 6-6 所示：

表 6- 5 煙遮光率所能承受的極限值

Location	Minimum visibility(m)	Optical density(1/m)
Small rooms	5m	0.2
Other rooms	10m	0.1

（資料來源：依據：Fire Engineering Design Guide，Third Edition，2008）

表 6- 6 人體承受危害程度指標分析表

危害類型	承　受　極　限
熱對流	氣流層溫度≦60℃（不能超過 30min 以上的暴露時間）
毒性	CO≦1400 ppm (small children incapacitated in half the time)
	HCN ≦80 ppm
	O_2≧12%
	CO_2≦5% （以上標準以承受 30 分鐘為極限）
熱輻射	輻射熱≦2.5kw/㎡（這相當於氣體層的溫度達 200℃，承受時間小於 20 秒）

（資料來源：依據：Fire Engineering Design Guide，Third Edition，2008）

針對 SFPE 防火設計手冊及紐西蘭設計指南所制定的煙毒危害標準，本案均選擇最保守之數據為煙毒判斷基準，綜合表 8.3~8.4，考慮到模擬的

人力成本及電腦負荷，加之以往模擬之經驗，會影響避難成功與否的最主要的兩個因素為可視距離及避難路徑上氣流層溫度，因此本案僅以下列 2 個數值作為判定標準。

表 6- 7 本案煙毒危害判定標準

煙毒危害項目		判定標準
1	避難路徑上最小可視距離需大於 10 公尺。	Visibility≧10m
	本案保守假設在本建築物各空間內均以 10 公尺為避難最小可視距離基準值。	
2	避難路徑上氣流層溫度需小於 60℃。(不能超過 30min 以上的暴露時間)	氣流層溫度≦ 60℃
	以紐西蘭設計指南所制定人體承受危害程度指標為量測基準值。	

說明：無論火源位於哪一樓層，各樓層避難路徑上均配置測點監控上述六項危害指標，作為判定是否安全之依據。

3. 煙層界限高度

本案針對火災逃生時煙毒對避難人員造成逃生障礙或是影響避難人員生理狀態之危害因子為主要量測項目，而逃生避難判斷是以火災開始發生至各危害因子達到危害數值之時間與人員避難時間比較，判定其避難安全性能，若空間內之人員避難至安全區域，而危害因子尚未達到危害數值，則表示該空間符合避難安全要求。而在判斷各空間危害因子是否達到危害數值的過程中，煙層界限高度亦是影響判斷結果相當重要的因素之一。

在樓層避難安全界限的設定上，以各樓層避難路徑上任一位置 1.8m 高為煙層界限高度。

在整棟避難安全界限的設定上，保守採用了 Route B 的觀念，以煙層達到侵入垂直避難樓梯的高度時，即判定整棟避難時間終止，而不再進一步評估濃煙流入樓梯間的量與下沈的速度。依據表 8.6 所列，本案直通樓梯出入口均屬於

防火門構造，因此整棟避難的煙層界限高度應為開口高度的 1/2。而本案在 FDS 中設置測點的位置與高度即以此為依據，設置於各樓層樓梯間的安全門前方，高度則為安全門高度的 1/2 處。當這些測點的煙毒危害程度大於表 8.5 的判定標準時，即表示煙毒已降到此高度並開始洩露至垂直避難的樓梯間內部。此時即為整棟避難終止的時間點，並視此一時間為整棟避難界限時間。而後再以此一時間與人員整棟避難時間比較，判斷整棟避難安全性能。

表 6- 8 煙層界限高度

開口部構造	煙層界限高度
設置可常時關閉或隨時關閉的防火設備，且與偵煙探測器連動的自動關閉裝置之防火設備。	從該居室地面至各出口上端高度最大值中之 1/2 高度。
其他構造。	從該居室樓地面起至各出口上端的最大高度。

（資料來源：建築物防火避難安全性能驗證技術手冊）

4. 測點位置

由第 3 項「煙層界限高度」說明中可知本案在 FDS 中設置測點的位置與高度即以煙層界限高度為依據，於挑空區畫內之各層直通樓梯出入口前方及避難通道上設置測點。關於本案電腦模擬之測點位置及高度敘述如下：

(1) 用以量測煙層侵入垂直避難樓梯以致影響整棟避難之測點，於直通樓梯出入口前方且在安全門高度的 1/2 處設置之。
(2) 用以量測煙層入侵避難通道以致影響樓層避難之測點，以約每 5m 距離在避難障礙高度 1.8m 處於避難通道上均勻設置之。
(3) 本案在避難通道上以約每 5m 距離在避難障礙高度 1.8m 處均勻設置測點，本驗證採取較為嚴苛及保守之評價方式，因此選取該層最接近危險值之測點當成該樓層避難安全界限時間判斷依據。測點位置示意圖如下圖所示。

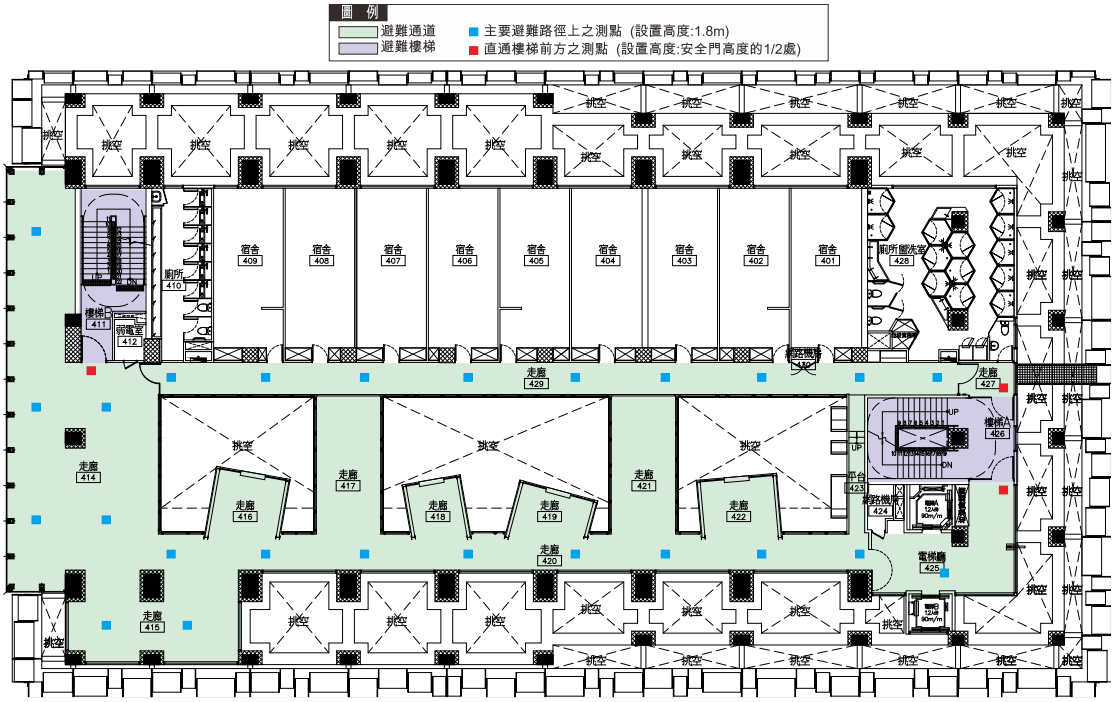


圖 例
避難通道
避難樓梯
主要避難路徑上之測點 (設置高度:1.8m)
直通樓梯前方之測點 (設置高度:安全門高度的1/2處)
挑空
宿舍 409
宿舍 408
宿舍 407
宿舍 406
宿舍 405
宿舍 404
宿舍 403
宿舍 402
宿舍 401
廁所 410
樓梯 411
弱電室 412
廁所盥洗室 428
走廊 429
走廊 427
樓梯A 426
走廊 414
走廊 416
走廊 417
走廊 418
走廊 419
走廊 420
走廊 421
走廊 422
平台 423
電梯機房 424
電梯廳 425
走廊 415

圖 6- 7 測點位置示意圖

第六節 拋轉模型模擬結果與原工程案例對比分析

壹、BIM 拋轉模型與原工程案例 FDS 模擬結果

依據上一節所論述之判定項目，分別針對 BIM 拋轉模型模擬結果與原工程案例模擬結果進行對於，具體結果如下：

1. 可視距離測量結果

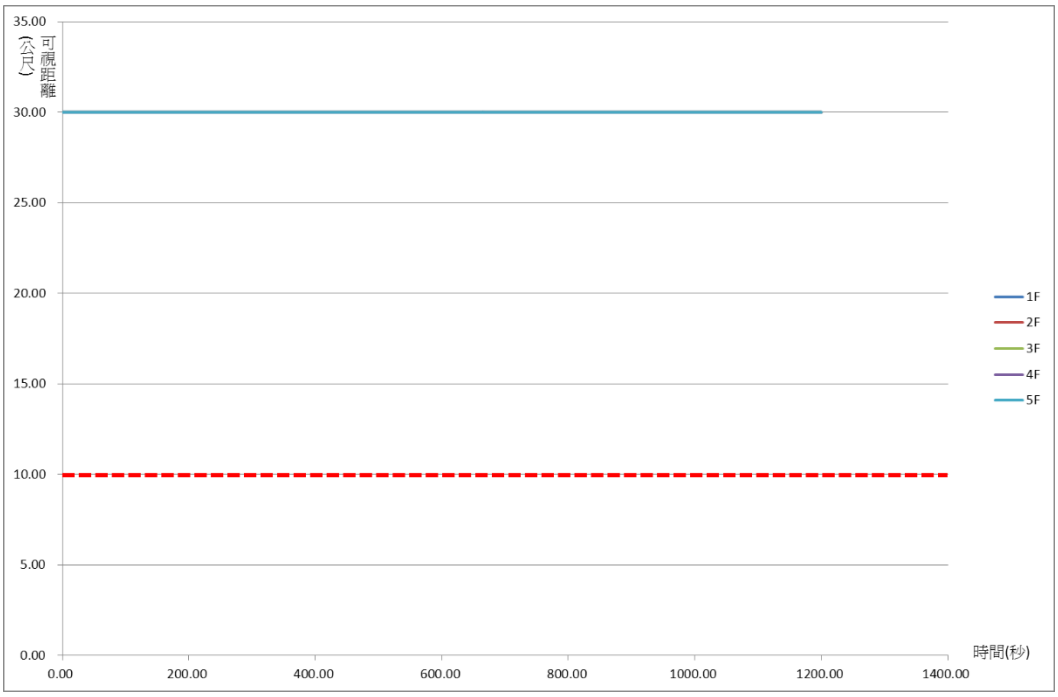


圖 6- 8 原工程案例模型各樓層可視距離測量結果

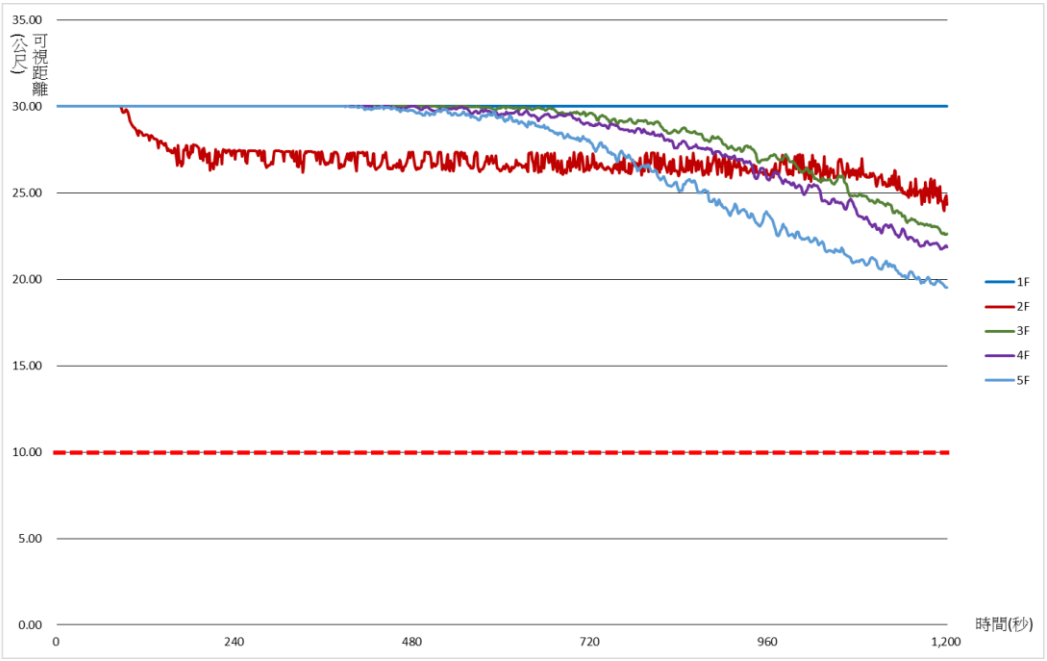


圖 6- 9 BIM 拋轉模型各樓層可視距離測量結果

2. 溫度測量結果

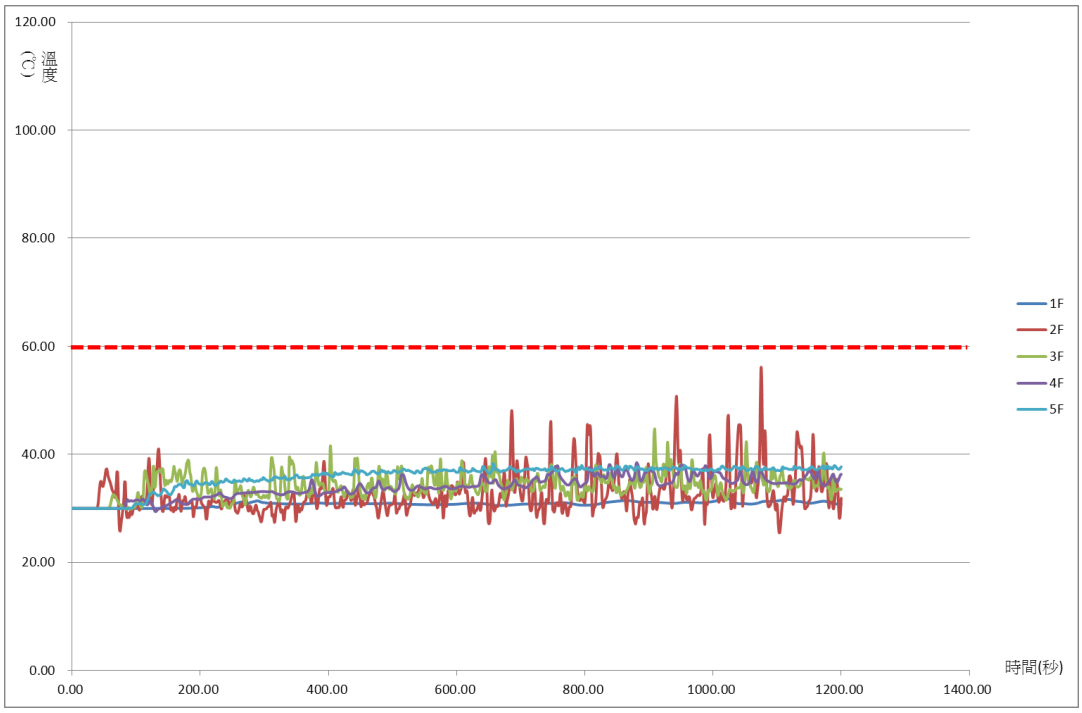


圖 6- 10 原工程案例模型各樓層溫度測量結果

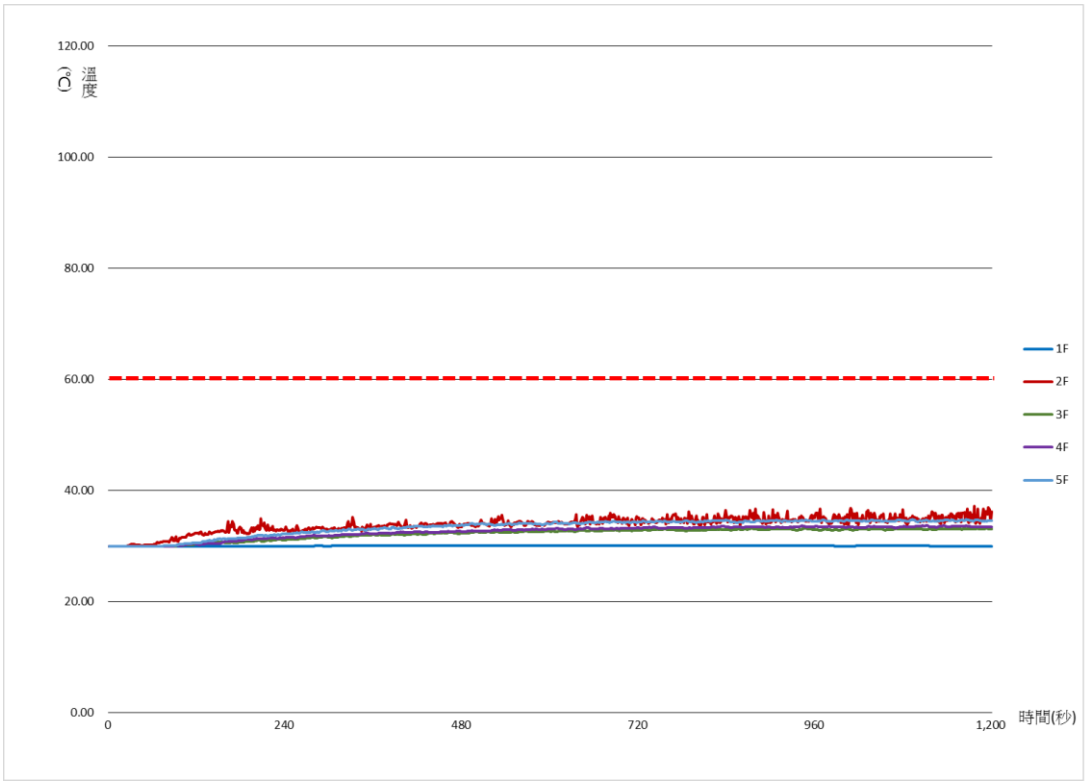
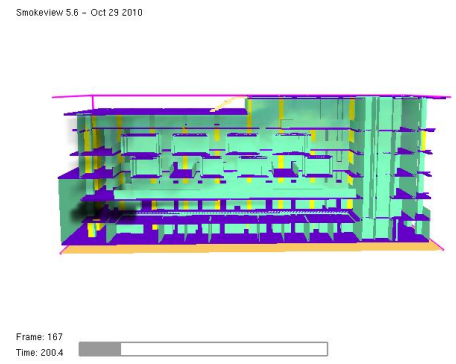
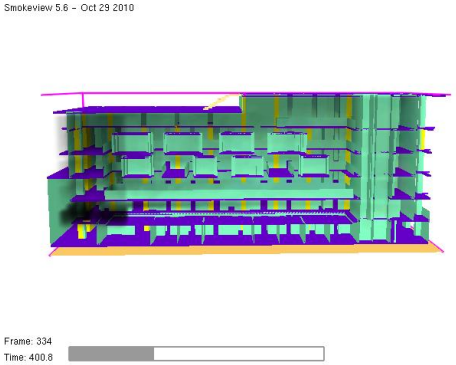


圖 6- 11 BIM 拋轉模型各樓層溫度測量結果

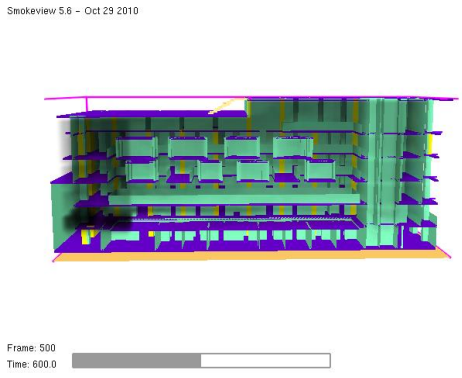
3. BIM 拋轉 FDS 煙氣模擬結果 Smokeview 豎向剖面展示



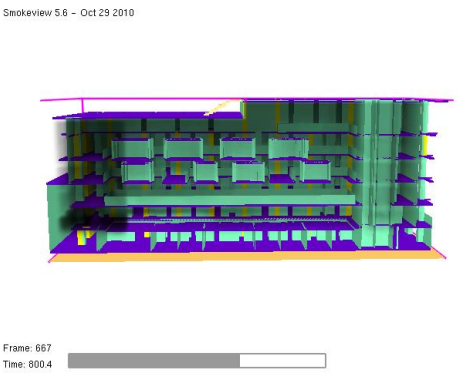
Time:200s 煙氣狀況



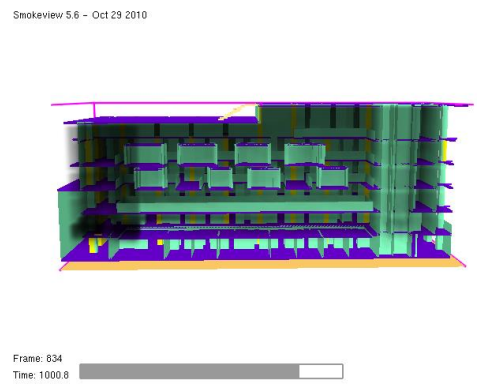
Time:400s 煙氣狀況



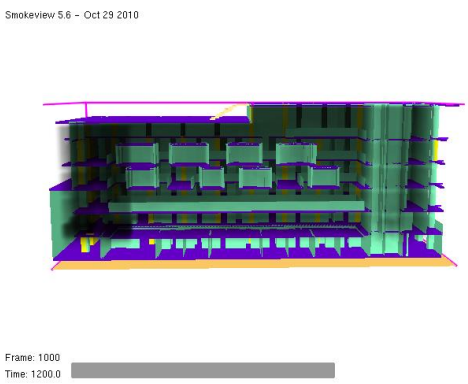
Time:600s 煙氣狀況



Time:800s 煙氣狀況



Time:1000s 煙氣狀況



Time:1200s 煙氣狀況

貳、FDS 模擬結果對比分析

由模擬結果得知，不論是 BIM 拋轉模型還是原工程案例模型，若 2F 走廊發生火災，在 30min 內，人員完成避難路徑可視距離均可≧10m，於人員避難路徑上層煙氣溫度均≦60℃。因此可驗證原工程案例模擬計算結果是正確的。但由上述圖表對比中不難發現，雖然各項統計指標距離安全極限值仍有較大閾值，但兩次模擬結果也不盡然完全相同。各樓層可視距離的圖表對比中，可以發現原工程案例結果各樓層可視距離在 30min 內均未出現任何下降，而 BIM 拋轉模擬結果則是火災所在 2F 可視距離最先出現下降，其後 3F~5F 均出現不同程度的降低，其中 5F 可視距離下降最明顯，在模擬至 30min 時 5F 的人員可視距離為 19.53m，4F 下降次之為 21.88m，3F 可視距離 22.63m、2F 可視距離 24.32m。1F 可視度未受影響仍為 30m。

由 Smokeview 豎向剖面煙氣展示圖中可以看出，煙氣會在火災發生層 2F 最先產生蓄積，之後由於煙囪效應，較熱之氣體會像較高的空間流動，因此其後煙氣最先蔓延至 5F 天花，然後依次降之。因此，BIM 拋轉模擬可視距離之結果與實際火災煙氣擴散過程更為貼近真實。在各層煙氣溫度模擬結果中，兩次結果均未超出極限範圍，但原工程案例中，2F 的溫度測點溫度震蕩較大，這可能是因為火源靠近測點等原因造成，但因未有其 FDS 模型，所以無從考證。

而 BIM 拋轉模擬結果數據曲線則較為平緩，煙氣首先在 2F 有所上升，因為火災設定于 2F，于可視距離分析類似，煙氣受熱後會開始上升，並於最高的 5F 開始蓄積，而後依次降之。在各樓層溫度中是火災層 2F 最高，為 36.19℃，然後是 5F~3F 依次降之，分別為 34.63℃、33.45℃、33.07℃，1F 未受影響，為 30.02℃。其溫度成長及分佈于煙氣蔓延趨勢相同，因此再次印證了 BIM 拋轉模擬結果與實際火災中煙氣蔓延之過程更為貼近。

第七章 結論與建議

第一節 結論

隨著防火工程的發展，世界各先進國家依據科學為基礎進行避難安全工程之設計，為確保建築物內使用人員的安全不受煙及火的危害，臺灣目前採用三種防火避難安全驗證，分別為「法定規格式基準（Route A）」、「替代性方法（Route B）」、「性能式設計（Route C）」。Route A 依照建築技術規則等國內法規的規定方式設計，而 Route B 以內政部建築研究所出版的「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」為驗證基準，Route C 則是使用電腦進行「火災煙控電腦模擬」及「動態避難電腦分析」，如 FDS、Building EXODUS、Simulex 等，模擬火場之煙流與避難時間之情形。 ，一是因應現今建築物朝向高層化、集合化、大型化及多元複合化的趨勢發展，採用以「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」進行驗證的替代性方法 Route B 為主；另一則是採用性能式設計 Route C，利用一工程案例初步驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 進行火災煙控電腦模擬，並且與原有工程案例進行對比分析。

「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」係依據「建築技術規則總則編第三條及第三條之四」所稱「建築物防火避難安全性能設計計畫書」中避難計畫之避難安全性能驗證規定，旨在說明其避難安全性能設計與驗證方法，以量化的計算公式提供避難安全性能驗證，可供檢核端建置 Excel，輔助使用者方便計算，也能較清楚地了解系統建置時的錯誤檢證與依據，它除了提供手動計算與驗證作為基礎，亦可進行 Excel 建置輔助之作業。但目前建築防火避難性能驗證都是以人工讀取 AutoCAD 圖面中的數據，再由人工輸入的方式進行計算作業，此方式不僅耗費人力與時間，而且亦有人工作業所導致數值輸入、輸出錯誤的可能，其所繪製之幾何圖形中也無法直接取得有意義的資訊下，期望將 BIM 對建築產業之貢獻也能應用於建築物防火避難安全性能驗證。

由於科技的發達、跨領域的合作，建築資訊模型（Building Information Modeling，以下簡稱 BIM）已經被全世界廣泛應用在建築、工程、營建（Architecture, Engineering, Construction，以下簡稱 AEC）產業。BIM 並不僅是一

項技術上的變革，同時亦是程序上的變革，為了提升建築生命週期更即時及有效的整合；並產出精確的資訊數值有利於紀錄與分析；落實後續營運管理及救災預防，建立完整的模型資料庫是現今建築相關產業共同努力的目標。BIM 主要特性如下：

1. 輸入、輸出、使用、分析資料：
   在建築設施生命週期的不同階段會有不同專業的人輸入或修改模型資料，需要使用不同的軟體工具輔助設計。
2. 資訊分享：
   在不同專業的團隊間交換資料需要統一的資料格式以利資訊交換
3. 物件：
   在 BIM 模型中每個物件皆有個別的身分與意義，參數(Parameter)則用來描述每個物件的屬性，例如形狀、位置、材料等等。

透過 BIM 技術，以新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」為發展概念，建立出「Template 防火避難樣版」初版，使用與操作上較傳統人工輸入、輸出更為簡易且容易上手，同時亦是作為銜接「IFC 資料交換標準」之開端。以達到使用者可以與建築師有效整合圖面，增加驗證計算之準確性，避免收容人員實際可避難時間的浮報誤差，進而讓後續評定及審查單位可以有效掌握驗證資訊，降低火災時的人命傷亡及財產損失。是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步，亦是作為 BIM 整合整體「建築物生命週期」的第一步。另外，利用一工程案利驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 模擬的結果，並且與原有工程案例進行對比分析，初步判別與檢測兩軟體間拋轉問題與使用的注意事項。經過本研究之實作驗證，獲得：

1. 以建築師事務所與防火避難評估公司等使用者為主，建置「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」。依據手冊中的操作步驟，導入及選取相關可辨識參數後，能快速產生防火避難 excel 明細表。且相較傳統過去利用人工操作的方式讀取 AutoCAD 資訊所產出之防火避難 excel 明細表格，本研究利用 BIM 技術所產出之「Template 防火避難樣版」excel 明細表格可達到：

(1) 提升使用者作業之便利性。
(2) 提升前提條件參數數值的精確度。
(3) 提升性能驗證結果數值的精準度。
(4) 提升建築物之安全性。
(5) 共享資料以減少重複作業的浪費。
(6) 使用標準資料格式減少因檔案交換而產生的錯誤與遺漏。

2. 在傳統電腦模擬的性能式設計中，均需對 CAD 圖檔進行二次解讀並且重新建模。此過程中，將產生對模型把握不夠精確、人工操作失誤等錯誤，造成所建模模擬的模型與實際建築工程圖面中出現一定的偏差。因此利用 BIM 技術工程模型中的幾何模型部分，導入到 FDS 中，再進行消防上之設定。BIM 模型拋轉至 FDS 模擬的結果，與原有工程案例進行對比分析，獲得下列效益：

(1) 節省原有 FDS 建置模型所需大量時間及人力成本。
(2) 與原有建築圖紙完全一致，可避免過去工程師或其他使用者二次建模時，因為人工疏忽或特殊造型的設計，而產生模型簡化等原因，造成後續模擬所用模型與設計方案出現偏差。
(3) 原 FDS 模型建置過程中，先在模擬前以代碼形式呈現，對於建模工程師、審查單位等了解實際情況均有很大限制，BIM 拋轉模型在整個過程中均呈現 3D 模型，測點的位置也可以更直接觀測，方便模型的建置與審查單位的審核。

研究結果發現，BIM 參數取代方式與使用 2D CAD 參數進行避難安全性能驗證結果，皆係屬於容許誤差範圍內。其主要差異在於 BIM 物件導向之應用是以空間中「體積」的方式將「淨」參數值匯出，有別於 2D CAD 作業模式以「面積」和「高度」為基礎的計算。應用 2D CAD 與 BIM 進行避難安全性能驗證之前提條件取得時，兩者主要誤差來源在於居室面積的精確度計算，探討其數值差異性分

析如下：

1. 2D CAD 主要誤差來源：

(1)「建築結構體未予以扣除」:

(a)「建築結構柱」: 角柱、邊柱、室內獨立柱、室內裝飾柱及管道間。

(b)「建築結構樑」: 樑體積。

(c)「室內分間牆」: 以戶為居室驗證對象之室內分間牆及室內裝飾牆。

(2)「電腦輔助作業系統誤差」:

主要為「CAD 與 BIM 模型專案單位設定之小數點進位誤差」。

(3)「人員操作誤差」:

主要分為「作業過程中操作錯誤誤差」、「作業精細度誤差」、「圖面認知不同誤差」及「作業過程中忽略疏失誤差」。

2. BIM 主要誤差來源：

(1) BIM 模型與設計單位的誤差來源：

(a)「BIM 製作單位或設計單位人工建置 BIM 模型時發生的錯誤」。

(b)「BIM 製作單位非設計單位時，BIM 製作單位與設計單位對於圖面認知不同」。

(c)「設計單位提供之版次在交圖前更新」。

(2) BIM 模型與設計單位的改善對策，如下述詳細說明：

需要訂定「BIM 標準作業規範」，依照模型建置的標準與流程，減少人員作業的疏失與遺漏。(本研究為日後規範之開端基石，依據精進本「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」已達日後建立國內「防火避難 BIM 標準作業規範」之標準，並提請設計單位，依照模型建置的標準與流程，減少人員作業的疏失與遺漏)。

故本研究以上述之「Template 防火避難樣版」初版作為延續，並列出操作方式及適用範圍後能夠獲致準確之數據，避免因人工輸入導致之錯誤產生，亦可節省大量之輸入作業時間。本研究初步擬定出之樣版檔操作手冊，內容包括：1.防火樣版架構。2.專案基本設定。3.元件使用注意事項。4.能操作方法。5.檔案交付及匯出原則。作為應用 BIM 系統協助進行「建築物防火避難安全性能驗證」之開端，未來更可提供評定機構有效管理驗證單位之計算品質。

藉由 BIM 模型拋轉至 FDS 模擬的結果得知，不論是 BIM 拋轉模型還是原工程案例模型，進行結果比較與分析後，BIM 拋轉模擬可視距離之結果更為貼近實際火災煙氣擴散的過程。BIM 模型拋轉未來可以提升模型的建置與審查單位的審核的作業品質。

第二節 建議

根據本研究內容，提出下列具體建議：

建議一

立即可行－辦理「以 BIM 輔助建築及室內裝修防火避難之審查驗證研究」：

主辦機關：內政部建築研究所

有鑑於已有建築物防火避難性能設計或建築物防火避難綜合檢討之評定通過案件，往往因未來集合住宅等建築物進行室內裝修時，產生變更設計之需求，而建築師或室內裝修從業人員進行室內裝修時，並未能察覺涉及原案防火避難綜合檢討所應注意事項，或者自行變更室內設計裝修部分，導致原有防火避難評估之前提條件與室內裝修後大不相同，此舉不但有危害防火避難之疑慮。當然建築師或室內裝修從業人員可以再將疑慮部分，向防火避難評定機構辦理審查，但是動輒不少費用之評定審查費及時間，恐不是小型裝修工程可以負擔的。因此如有一個快速及容易使用之工具，將可提供解決此室內裝修設計之很多難題。目前裝修業者約 6000 家，如能提供發展此工具將能提升整體之從業品質。

由於科技之發達及跨領域的合作，建築資訊模型（Building Information Modeling，以下簡稱 BIM）已經被全世界廣泛應用在建築、工程、營建 ACE 產業。BIM 並不僅是一項技術上的變革，同時亦是程序上的變革，可以提升建築生命週期更即時及有效的整合。因此如利用 BIM 之特性及準確性，研究之主要目的可供建築師或室裝從業人員設計規劃時參考計算容許變更範圍，並將變更範圍之結果經由研究之驗證工具匯出，送至防火避難評定機構進行評定，可以替業界解決許多問題，更可以增加建築物之安全性，此工具可謂是審查室裝變更之一大突破。未來業界使用者及評定機構僅需要教育訓練及經內政部建研所授權使用此一軟體，再配合評定機構及營建署之作業原則，即可安全無虞確認試裝變更後之防火避難安全性。

依據本研究案之「Template 防火避難樣版」初版為母體，並加入簡易二層程式計算居室煙層下降時間，即可較便利使用。(因為相較於防火避難驗證手冊之計算，簡易二層程式更為普遍使用)。此可提升後續營運管理品質及救災預防的目的，使建築物防火避難產業的升級，亦可以提升審查評定單位進行查核作業的品

質與效率，保障建築物防火避難之安全。研究目的亦會延續精進「Template 防火避難樣版」，利用多種不同建築案例類型導入「Template 防火避難樣版」中之參數數值設定，並且整併其他樣版(如新北市建造執照電腦輔助查核系統之樣版等)，使多種不同個案型態皆能適用，進而使 BIM 模型於防火避難通用之可能性。導向防火避難操作 BIM 能連動自動化，發展以 C++撰寫之樣版，以利於樣版管理者鎖定不可變更之參數及連動參數，提出具體可供防火避難驗證業界操作之樣版，並且確認模型資訊正確與否，以利後續推行以 BIM 輔助建築物防火避難性能驗證，落實使用者上手操作，達到使用者可以與建築師有效整合圖面，進而讓後續評定及審查單位可以有效掌握驗證資訊，降低火災時的人命傷亡及財產損失。

建議二

立即可行－提供「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」初版供業界操作使用，以利回饋樣版修改建議，作為後續研究之參考：

主辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

協辦機關：財團法人台灣建築中心、財團法人消防安全中心基金會

建築資訊建模 BIM 是國際上新興的趨勢，所帶來的新工具、技術、模式與觀念，可在數位虛擬空間以視覺化方式呈現，有助於整合 AEC 產業應用於整體建築物生命週期包括規劃、設計、施工、維運與管理等階段之溝通協調，將建築相關領域單位的協同作業及設計之精確數值的資訊技術整合與分析，減少衝突與錯誤，提升工程效率及品質，有助於產業競爭力的提升。

建築生命週期中以後續使用壽命的時間，相較規劃、設計及施工有倍數之多。有鑑於此，將建築物防火避難驗證相關資訊與數值建立於 BIM 資料庫中，可以提升後續營運管理及救災預防的目的，使建築物防火避難產業的升級，亦可以提升審查評定單位進行查核作業的品質與效率，保障建築物防火避難之安全。

本研究以新北市政府「建造執照電腦輔助查核系統」之中的「Sample 樣版與明細表」為發展概念，先後運用科技辦公大樓及住宅大樓進行案例驗證，並且加入「建築物防火避難安全性能驗證手冊」中的參數資訊導入 BIM 中，建置出「Template 防火避難樣版」初版。除了建立數值資訊元件以及樣版外，提供初步

使用手冊（Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊-初版-）給使用者進行最基本的初步審核驗證，欲確立本研究採之樣版可行性，提供防火避難業界（至少三家以上）操作驗證之版本，供業界上手操作測試，以利業界回饋使用意見及確認模型資訊正確性，藉以優化系統，作為後續研究之參考。

建議三

中長期建議－以 BIM 進行建築物防火避難性能驗證線上查核之作業機制：

主辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

協辦機關：財團法人台灣建築中心、財團法人消防安全中心基金會

BIM4.0 成為國際上最新的建築資訊自動化代名詞，以此作業系統為概念，導入建築物防火避難整體發展中。使用 Revit 進行 BIM 資訊建模時，各項專案匯出之 IFC 檔案格式（IFC 為世界公共之 BIM 資訊模型的交換檔格式）但是此格式並非為所有驗證及相關使用單位皆有開啟此檔案之應用軟體外，也並非各單位都配有了解 IFC 檔案之專業人士。因此需額外建置一線上審核平台，提供一般審查者使用，此平台可以將 IFC 資訊檔案上傳後自動產出檢核項目與檢核結果，以利審查作業時的階段性整合以及跨部門平行分會系統。

運用線上雲端平台將建築物防火避難案件作即時審查。此作業系統提供建築物防火避難資訊整合，由直轄市、縣（市）及特設主管建築機關經政府雲端電腦輔助查核其設計盲點以利提升防火避難設計之品質及安全性。建議可以列為未來研究案進行更深入之研究。下列幾點為 IFC 檔案線上審查方向擬定之建議：

1. **即時線上平台繳件**

防火避難綜合檢討之業者可經由本系統平台進行 24 小時之電子線上 IFC 檔案繳交作業，不再受限於上傳時間之限制。

2. **顯示驗證出錯之項目**

提供申請人 24hr 彈性自主作業。在未正式送至相關單位審查之前，可隨時進行 BIM 設計模型之防火避難檢測，預先發現驗證未合格之項目，達到提前發現設計出錯之項目外，亦避免工程施做錯誤時的困擾。

3. **結合法規資訊整合平台**

提供申請人輸入申請之基本資料，此避難查核系統將自動提供建築技術規則之防火避難綜合檢討相關管制規定項做為防火避難設計參考資料，並將 BIM 模型與建築設計及建築設計管制資訊，進行全面建築設計管理。

4. **自動產出通知補正**

法規檢測系統將分二階段自動產出檢核結果之報表及 3D PDF 圖示顯示防火避難驗證錯誤之樣態，檢測報告供申請人修正設計其 BIM 模型或續由審查人員做為審核依據。

5. **跨機關平行分會審查機制**

平行分會系統提供其他查核單位對於同一案件進行同步審查圖面資料及意見交換，加速審查行政效率。

6. **建立標準規範**

此系統將建築物防火避難驗證之內容標準化，提供防火避難樣版檔及樣版操作手冊說明，並提供申請人下載使用，讓申請人可以清楚瞭解各個審查單位需求標準，亦可同時協助後端資訊檢測管理與應用。

7. **即時版本更新**

將相關法規標準參數化，系統管理者可在法規版本更新後發布，即時線上調整後端相關法令檢測基準參數，檢測系統可依法令適用日期分版次管理。

審查階段送審為全天（24hr）系統作業，省略申請人送審時之交通往返，此外更因相關防火避難驗證之法規可藉由量化（程式化）以達到審查標準化、統一化，進而使申請人減少因人為之錯誤及法令檢討漏失和計算錯誤或審查人員法令判讀不一致等因素影響審查結果，讓建築物防火避難驗證更趨近透明、省時、省力。線上電子報告文件及 BIM 模型審查作業，過程無須交付紙張印刷作業，節省環境資源達節能減碳，亦可免去不必要的實體存放空間檔案室之建置或租借。另外藉由統一規範廠商從建築設計之初期、營造、竣工維運階段持續依建築資訊模型建置標準交付 BIM 模型資訊，最終可導出符合國際規範之防火避難資訊並可應用於建築物設施、設備維運管理上。

建議四

中長期建議－以 BIM 輔助性能式設計軟體之後續應用：

主辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

協辦機關：財團法人台灣建築中心、財團法人消防安全中心基金會

現今「性能式設計（Route C）」使用電腦進行「火災煙控電腦模擬」及「動態避難電腦分析」中，均需對 CAD 圖檔進行二次解讀並且重新建模。此過程中，將產生對模型把握不夠精確、人工操作失誤等錯誤，造成建置出的模擬模型與實際建築工程圖面中出現一定的偏差。

BIM 建築資訊模型，包含了幾何以及非幾何等各種信息的集合體。針對性能式設計電腦模擬中的具體情況，需提取 BIM 模型中的幾何資訊，並且將其轉化成 FDS 中可進行火災電腦模擬的工程算例，以現今建築業界較多人使用的 Revit 為執行 BIM 技術之軟體，並且在前置作業軟體 PyroSim 中直接顯示其幾何模型，利用 PyroSim 軟體進行火災模擬工程相關設定後，最終轉換成 FDS 所識別的語言。

依據本研究案所模擬之的工程案例中，藉由 BIM 模型拋轉至 FDS 模擬的結果得知，不論是 BIM 拋轉模型還是原工程案例模型，BIM 拋轉模擬可視距離之結果與實際火災煙氣擴散過程更貼近真實，未來可以提升模型的建置與審查單位的審核的作業品質。建議後續研究案可依本研究案例判別之結果為參考，進行更深入之研究。

附錄一 期初審查會議記錄回應表

期初審查意見（審查會議）回應表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	研究步驟中列有個案研究，建請說明選定個案之理由，如選定個案之比較結果不佳，宜有第二個案之考量。	有關委員提出不同之類型建築物、案例數量能否具代表性的問題，本案在個案研究上將提供至少 2 個不同類型個案進行研究。
2	個案研究如與評定案結果產生差異，建議應予合理化分析。	遵照辦理。
3	BIM 輔助工具如何落實到法規面？	研究結果會建議評定審查單位及申請單位該如何使用 BIM 應用於防火避難驗證上。
4	性能驗證項目包括結構耐火及防止延燒等驗證，為何僅以防火性能避難驗證作為 BIM 輔助研究內容，請說明。	本案之主要以 BIM 輔助防火避難性能驗證，有關結構部分及防止延燒方面未在此次之研究範圍內，將會在研究建議中提出作為後續研究課題。
5	服務建議書第 4 及 8 頁，防火性能避難驗證導入 BIM 會提升便利性、精確度、準確度以及安全性；如此理論，建議應該把現行防火避難性能驗證問題先提出說明。	遵照辦理。
6	服務建議書第 11 頁，研究方法經由案例分析，比較 BIM 輔助與現行驗證方式的差異與優劣，會與前項所提理論相矛盾。	遵照辦理，例如補充說明在 FDS 中達成曲線化邊界、天花板樑露出尺寸對煙層蓄積與流動的影響，應用 BIM 均有助於對於空間尺寸掌握的精確度。
7	服務建議書第 7 頁，研究背景所陳述是法規指定所需強制性能驗證之超高、超大及特殊用途建築	遵照辦理。

	量體，未提及排除法規適用及替代措施之性能式設計，建議加入內容。	
8	所提防火安全驗證 ROUTE C 部分只列有效安全避難時間（ASET）部分工具，並無所需安全避難時間工具(RSET)，例如 EXDUS、SIMULEX 等。	有關委員建議加強各種或使用其它軟體之說明，本研究僅規劃採用常用的 FDS 軟體行代表性研究，意在了解 BIM 如何應用於電腦模擬軟體上，若在 FDS 上可行，則在其它軟體上的問題也會較少。另本案採用較保守及更安全常用之建築物防火避難安全性能驗證技術手冊及 FDS 之煙層下降時間進行比較，有關使用 EXDUS、SIMULEX 等為計算人員之避難時間，不在本次計畫範圍內，此議題將建議在後續研究課題。
9	承上，有關所提 BIM 與相關火災煙控資料拋轉，是否也應有避難軟體資料拋轉納入內容；另外，拋轉涉及 BIM 軟體原始碼開放，以能讀取煙控（幾何形狀格點、火源設計、邊界條件等）及避難軟體輸出入資料，挑戰性高。	遵照辦理。
10	應更清楚列出原來防火避難性能驗證之缺點，表達出本研究想執行那些改善？	遵照辦理。
11	文中提及多軟體、如 FDS、CAD 等，應說明各軟體之特性及界面或差異性？	遵照辦理。
12	研究個案為何？要從那些面向切入分析？想得到那些具體之預期目標？應再加強或說明。	研究個案包括曲面及包含梁柱等案例，預計從以上這些案例分析傳統使用輸入之方式與電腦直接

		讀取之方式，兩者間之差異，具體之目標為建議評定審查單位及申請單位該如何使用 BIM 應用於防火避難驗證上。
13	主持人及共同主持人過去在運用 BIM 及防火難性能驗證的經驗不足，須再加強顧問的諮詢及資料蒐集。	遵照辦理，本團隊已邀請林慶元教授等專家學者擔任顧問以充實本團隊在避難性能及 BIM 之執行經驗。
14	建議蒐集國外 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之經驗及案例，探討其可行性及問題之所在。	本研究主要以建築物防火避難安全性能驗證技術手冊導入 BIM 為主，國內避難之計算方式與日本較為接近，因此將以日本為探討之對象，蒐集該國是否已經開始使用 BIM 輔助建築防火避難性能驗證，作為使用 BIM 之可行性及問題之分析。
15	BIM 與 FDS 兩項電腦軟體資料庫的建立，甚為重要，須深入探討其完整性、一致性及準確性。	此部分會交代模型資料該如何拋轉至 FDS 程式軟體，並建立其一致性之使用方法。
16	請研究團隊先釐清投標之執行單位為台灣建築學會（服務建議表所載），還是國立台灣科技大學（現場簡報所載）？	執行單位為台灣建築學會，國立台灣科技大學為主持人之服務學校。
17	請再具體說明，本案現況的問題或困難何在？所規劃的研究執行方式是確認可行的？除了需求說明所列預期成果之規定外，還有哪些具體的產出與工作目標？而這研究成果未來又規劃給誰用（目標對象）？	目前輸入之方式為人工，大量之輸入之數據真假很難查核，因此透過使用 BIM 工具，可達到使用者快速及審核者可審核之方式。目前之困難點為建築師所給使用者之圖檔元件格式尚未統一化。具體之目標為建議評定審查單位及申請單位該如何使用 BIM 應用於防火避難驗證上。具體產出與工作目標為有別於 2D CAD

		作業模式以「面積（Area）」和「高度（Height）」為基礎的計算，提出用 BIM 進行更精確之居室、樓層和整棟煙層下降時間計算，俾利確保收容人員避難時間免於因為建築物面積等前提條件之誤差因素，造成避難安全性能驗證結果的誤差與錯誤，降低收容人員實際可避難時間之浮報誤差，以提升安全性。
18	計畫主持人如有執行本案，請配合到會，提升研究品質。	遵照辦理。
19	案例數量不足，宜找足數量，以 BIM 完成的資料匯入 FDS 來分析計算（或試算）。	本案在個案研究上將提供至少 2 個不同類型個案進行研究。
20	本年研究經費充裕，期望獲得立即可用成果，勿以一般研究僅以嚐試性的方式檢測，而忽略實際上在性能驗證的可行性。	遵照辦理。
21	LOD 級數並非一定要高才能給防火避難性能驗證用，請深入探討。目前業界，以 CAD 來建置建築設計資料，也都可匯入，本案要可用，請訂出操作方法及各種輸入輸出資料的規格，也可做成樣版、元件或 IFC 的要求。	遵照辦理。
22	成員對避難性能成果不多，宜找資深學地位較高等級者參與。	遵照辦理，本團隊已邀請林慶元教授等專家學者擔任顧問以充實本團隊在避難性能及 BIM 之執行經驗。
23	服務建議書於議價簽約前請重寫。	遵照辦理。
24	資料蒐集費請列在本所預估經費	遵照辦理。

	以上，前 3 個月經費動支達 80%以上。文獻、書籍收集分析、翻譯等電子檔分期集結交存本所，並於第 1 個月提供目錄與執行計畫與本所人員洽商實施。	

附錄二 期中審查會議記錄回應表

委員	審查意見	執行團隊回應
高組長文婷	1. 希望建研所能訂定 BIM 整體研究的領域、層次、子題及年度計畫總表，以利營建署了解 BIM 相關研究之關聯性。 2. 希望今天各研究案報告內英文專有名詞能有中文翻譯或中文解釋，以利讀者研讀。 3. 本案研究前提是假定未來建築設計及送審的文件均以 BIM 方式繳交，並藉以進行必要的防火避難性能驗證，及最終編訂操作手冊，如此手冊能編訂完成將有利於未來防火避難性能驗證之推動。 4. 本案研究成果有利於為未來防火避難個案檢討權責回歸地方政府政策鋪路，與中央努力方向一致。	1. 敬謝委員指導，意見遵照參考辦理。 2. 敬謝委員指導，意見遵照參考辦理。 3. 敬謝委員指導。 4. 依委員建議於報告書內文說明本研究案所提及之方向為防火避難導入 BIM 之相關階層及關係。
周協理頌安/洪副經理建龍代	1. Revit Template 為特定軟體之範本檔，短期成效好，但是否有礙長期發展，請考慮特定軟體的限制條件。 2. Autodesk Revit Architecture 2011 為舊版本，且 Autodesk 每年度更新，新版 Template 如何維護、更新及擴充?其他軟體是否能使用？ 3. 本案中長期建議以 IFC 格式檔案做線上審查，是否有預估完	1. 因本研究案為初步開端第一版本，故目前樣版設計是以業界大眾較多應用之 BIM 軟體－Revit 為初步設計平台。本研究案樣版為初版，將於後續研究案配合建築研究所陸續更新版本，且其他軟體應用平台之整合將待評估後納入後續研究案。 2. 本研究案樣版為初版，版本更新將與後續研究案配合建築研

理	成的時程表?	究所陸續更新。 3. 將配合後續研究與建築研究所研擬。
康專委佑寧/黃股長毓舜代理	1. 本案目前提出的操作方法應是可行的。 2. 有關防火驗證樣版與雙北法規檢測樣版整合之未來發展，可與雙北政府的開發商深入討論。 3. 請說明防火驗證與技術規則第三章、第四章的一般性檢討之差異(性能與一般檢討在面積檢討編定是否有不同)。 4. 本案在 BIM 模型操作端應注意事項(明細表→excel 表)應著重在如何讓使用者明確了解。 5. 本案報告書引用或參考資料，應證明出處。	1. 敬謝委員指導。 2. 遵照辦理。依委員指導將於研究範圍與操作手冊說明。 3. 目前研究案為 BIM 導入防火避難性能計算之開端，是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步，其於樣版內面積檢討編定、參數、表格設計及公式為依目前避難審查格式設計，故利用樣版產出之格式數值適用目前避難審查標準。 4. 遵照辦理。 5. 遵照辦理。
內政部營建署王科長鵬智	1. BIM 應用在防火避難性能驗證其所需的資料格式與參數應與法規所需不同，請說明其條件及模型是否另外建置，能否提供其他 BIM 應用採用？ 2. 性能設計案變更設計頻繁，是否透過樣版可自動調整？ 3. 如何驗證本 BIM 樣版軟體的可靠性?	1. 本研究案之 BIM 防火避難性能樣版內容將先以防火避難評估手冊之相關計算式為樣版設計及應用之第一要項，其餘建議之檢測方式、方向將待後續研究提出，目前樣版設計是以業界大眾較多應用之 Revit 為初步平台，其他軟體應用平台之整合將待評估後為後續研究。 2. 可，本研究案樣版為初版，版本更新將與後續研究案配合建築研究所陸續更新。 3. 本研究將另尋實例驗證。
桃	1. 建議本案 Route B 用邊界條件淨	1. 依委員建議遵照辦理。

園市政府劉技士碩閔	體積(排除室內結構、隔間牆)計算避難餘裕值，以提升精確度。 2. 傳統以 2D 面積計算避難餘裕值，倘改以 BIM 3D 體積計算避難餘裕值應可提升避難餘裕值計算精確度。 3. 建議本案 Route C 可考慮自 BIM 模型 IFC 格式檔案萃取 FDS 所需座標值後匯入 FDS 建模，提升 FDS 建模效率。	2. 依委員建議遵照參考辦理。 3. Route C 以 FDS 座標建模，提升各使用單位防火避難基礎應用層次，研究團隊嘗試另尋轉檔軟體或開發 API 以利模型一致。目前將以本設計樣版為基礎所建置之模型為基礎，嘗試利用其他轉檔軟體或開發 API 轉檔將 BIM 模型導入 FDS 並一同應用。其餘內容，尚未納入本次研究範圍。
臺北市建築師公會 林建築師喬龍	1. 書面 P.65 關於 2D 操作樣態部分，請問傳統 2D CAD 作業為何不可以導入防火檢測中？並請說明與 BIM 3D 導入防火檢測之差異。	1. 本案供使用者於樣版內建 BIM 模型產出使用。使用者可用樣版內之 BIM 模型附掛軟體自動生成表格，表格內參數之數值將與模型連動，故可減少人為疏失、誤植錯誤。
中華民國全國建築師公會 許建築師坤	1. 本研究有關防火避難性能驗證中 Route A、Route B、Route C 在使用 BIM 時是並行或分別執行?本研究宜先區分清楚。 2. 防火性能驗證中 Route A、Route B、Route C 在法規檢測中之內容宜列比較表，並區別審查內容，哪些可用 BIM 替代及執行性能驗證審查?而哪些是一定要併行者？ 3. IFC 為國際上目前通用的「可變換性」格式，建議未來宜繼續追蹤及發展。	1. 依委員建議遵照辦理於報告書內文說明。 2. 依委員建議遵照辦理於報告書內文說明。 3. 建議後續研究以建立線上 BIM 防火性能審查為機制，以利用本研究模型匯出 IFC 格式檔案，供審查人員於線上電子查核。目前本研究案為防火審查設計之初期，初步目標為使用者端匯出自動產生之數值供審查人員書面審查，如需匯出 IFC 格式檔案，將於後續研究案提出線上審查平台架構，將 IFC 格式檔案於雲端平台匯

榮		入，自動產生供審查人員判讀之相關審查資料。目前設計之查核方式亦為紙本輸出審查資料，待後續研究案建立線上電子審查平台後，檢核人員只需於線上平台上即可查視、審查結果。
財團法人台灣建築中心 李經理明澔	1. 中央及地方法規繁多，如何條文條列化可以增加後期成果。 2. 樣版檔可以快速協助使用者產出報表，先給予肯定。	1. 依委員建議於報告書內文說明本研究案所提及之方向為防火避難法規之相關階層。 2. 敬謝委員指導。
巨江防火科技股份有限公司楊經理介雄	1. 以 BIM 標準化來做為防火避難安全性能驗證之操作，可大幅減少參數量測與計算過程產生誤差值等，此研究給予肯定。 2. 因實務所面臨的建築設計多樣，在軟體應用上建議可多考量實務上之不同建築空間型態應用，例如居室中居室、大型商業空間等相對複雜的空間應用。 3. 在研究目的提及防火避難樣版最後會導入 FDS 進行模擬，請教導入 FDS 後會產出的內容為何?	1. 敬謝委員指導。 2. 有關本案樣版之開發應考量通案之適用部分，因本案為防火避難導入 BIM 之開端，先以一個案為參照驗證，且以新北市建照樣版為基礎架構，將本研究之相關防火避難成果做整合應用，本研究案後續將以另一案例導入樣版中進行驗證分析其可行性，並選擇及調整最佳之樣版檔格式。本研究之成果亦可供後續研究將其他較特殊建築案例所需之參數或條件限制加入本樣版後，適用於其他較特殊建築案例。 3. 敬謝委員指導，將於期末告報中呈現。
黃建	1. 防火避難性能設計建築物越來越多，在實務應用上越來越廣	1. 本案為 BIM 導入防火避難性能計算之開段，其於樣版內容

築師聖吉—書面意見	泛。且建築物很多朝向多功能化、複合化設計，如單一空間不可能只有一種使用形式、材料、設備及用途等等……，故模擬檢測方式應要能因應不同向度。 2. 性能法規審查太過於單一，故後續可變動性不易預期控制，本案研究建議考慮建築生命週期建築多變化之建築管理，如變更設計審查之延伸與介面。 3. 各種不同防火避難性能設計軟體越來越多，建議增加建立檢測溝通介面、語言及標準。	將先以防火避難評估手冊之相關計算式為樣版設計及應用之第一要項，其餘建議檢測方式、方向將待後續研究提出。 2. 敬謝委員指導。 3. 目前樣版設計是以業界大眾較多應用之 Revit 為初步平台，其他軟體應用平台之整合將待評估後為後續研究。
陳組長建忠	1. 請台灣建築中心提供防火避難申請者配合 BIM 方面的要求與期望應送之資料，以免本案計畫執行期望落空，並請台灣建築中心提供截至目前所送避難評估案件，避難評估資料製作所用電腦工具、繪圖軟體為何?及使用數量與比例為何?並請提供委員審查意見統計表，以便本案研究成果能契合實務需求。 2. 有關是否採用淨面積計算避難餘裕值部分，本案目前是依評估公司慣例及實務執行，此部分計算方式修改尚需配合主管機關相關法規修訂。 3. 評估資訊原本就是利用平面審查，執行團隊之研究輔助提升防火避難之效率及減少失誤，	1. 依委員建議遵照辦理，9. 本研究案目前是鎖定以避難評估公司人員使用為主，後續研究將增加其他類別人員使用功能，並將參訪曾提交防火避難綜合檢討報告書之設計建築師及徵詢意見，以利納入設計使用端之系統使用功能。 2. 依委員建議遵照辦理。 3. 敬謝委員指導。 4. 本案為 BIM 導入防火避難性能計算之開段，其於樣版內容將先以防火避難評估手冊之相關計算式為樣版設計及應用之第一要項，其導入相關防火避難法規之深化應可於後續研究有所期待。

	給予肯定。 4. 所需之法規，若無法電腦化，BIM 能否做得到需要更深入的評估。	
鄭主任秘書元良	1. 以建研所角度，希望本案可以提供給營建署、其他縣市、建築師事務所等單位去使用。 2. 開發出來的軟體是否有版權或授權的使用限制，應詳加釐清。 3. 本案樣版之開發應考量通案之適用，使其他不同個案型態皆能適用。	1. 建議後續研究案中發展以 C++ 程式語言撰寫系統程式，以有利於樣版管理者鎖定防火避難樣版不可變更之參數及連動參數，並提出具體可供防火避難業界操作驗證之版本，及提供業界操作測試，以利業界回饋使用意見及確認模型資訊正確性，藉以優化系統。 2. 依委員建議遵照辦理。 3. 本研究中將以兩不同案例之類型，進行傳統做作業與使用 BIM 模型進行比較之案例分析。目前本案樣版之開發應考量通案之適用部分，因本案為防火避難導入 BIM 之開端，先以一個案為參照驗證，且以新北市建照樣版為基礎架構，將本研究之相關防火避難成果做整合應用，本研究案後續將以另一案例導入樣版中進行驗證分析其可行性，並選擇及調整最佳之樣版檔格式。本研究之成果亦可供後續研究將其他較特殊建築案例所需之參數或條件限制加入本樣版後，適用於其他較特殊建築案例。

附錄三 期末審查會議紀錄回應表

委員	審查意見	廠商回應
李副總工程司仲昀	1. 期末報告第 110 頁之步行速度文字誤差，請更正。 2. 以使用者角度，有關防火避難性能驗證，我建議依本研究成果補充說明：哪些參數可由系統產生、哪些參數可由性能元件導入、哪些參數可由 API 添附，並且釐清可否以提供元件及 API 方式建立，無需以樣版模式建立，避免樣版種類過多，以提升整合建審樣版與設計樣版之可能性。	1. 依委員建議遵照辦理，將於成果報告中修正。 2. 本研究案已於期末審查報告書第 77 頁至第 87 頁，提及參數之分類項目，而防火避難應用之基礎元件，如空間屬性、門窗、步行距離以及開口等，配合本研究案所發展之 Dynamo 轉換軟體之外掛程式及「Template 防火避難樣版」後，可進行後續煙層下降時間的計算，並產出相關 excel 明細表格。本研究案所建置之「Template 防火避難樣版」亦可提取出相關元件以利達到後續深化及本土化國內 BIM 技術應用。
康總經理思敏	1. 以業界的角度，我肯定本計畫之研究成果，為 BIM 的應用打開了一條廣闊的發展方向，接續研究定能獲得更豐碩的應用成果，此一發展也是業界所樂見的。 2. FDS 是一個普遍使用的火災煙控模擬軟體，對於形狀規則的建築物可獲得不錯的模擬結果，但對於造型特殊或空間複雜的建築物則有其限制，而模擬複雜量體及空間正是 BIM 的強項，建議後續研究可針對 BIM 結合更精準的模	1. 敬謝委員指導。 2. FDS 並不只適用於規則建築物，由於現有性能式模型均經由 FDS 直接建模，因此規則建築物較為容易，而本研究藉由 BIM 模型拋轉至 FDS 後，解決了該問題，使得模擬模型可以更複雜、更精確。

	擬分析軟體，進行整合性研究。	
黃建築師聖吉	1. 以建築師角度，我肯定本計畫之研究，以輔助設計者的角度設計開發系統，可使設計者較願意採納及使用本案研究成果。 2. 若以學理分析，期末報告中圖 6-8 之測量結果不應如此，可再探討是否因參數設定的問題，或是範圍界定的問題產生誤差，並且建議圖 6-8 及圖 6-9 都需要再驗證，如果不行，應與實際火場數據比對。	1. 敬謝委員指導。 2. 首先本次模擬完全依照原工程案例之設定而產生的模擬結果，故與原案例有可對比性。其次，一般判定危險來臨時間有五個考慮因素，分別為可視度、氣流層溫度、CO 濃度、CO2 濃度，及輻射熱通量。而本研究採用兩個影響危險來臨時間最主要的因素作為判定，分別為可視度及氣流層溫度，因此不能因為其可視度未有明顯變化就判定原模擬結果有錯誤。第三，由於沒有原有模型，因此無法判定原工程模型是否出現錯誤。依據以往經驗，煙層沒有產生蓄積，可能是模型有破洞或者是建模中有紕漏，這也印證了 BIM 模型拋轉至 FDS 的精確性與必要性。
新北市工務局彭委員瑞	1. 本案研究樣版操作方式與新北市政府建照法規樣版選填模式相似，樣版操作方式及 API 輔助參數擷取方法皆屬可行方式，惟防火避難性能仍須與技師簽證及勾稽流程配合，誰確認及如何確認模型資訊正確與否部分，建議納入後續研究範疇。 2. 建議補充期末報告第 115 頁之後	1. 敬謝委員指導，意見遵照參考辦理。 2. 期末審查報告書中第 115 頁之後表格及視圖顏色區分，是依照目前防火避難評估公司業界常使用之顏色表格為分色基準。使用者可使用本研究所建置的「Template 防火避難樣版」，並依據「Template 防火

璋	的表格及視圖的顏色區分及視圖的介紹。 3. 期末報告第五章操作手冊案例用途為辦公空間，但是第 106 頁圖中標示為住宅，請修正。	避難樣版使用者案例操作手冊」中的操作步驟，導入及選取相關可辨識參數後，快速計算出結果並產生相關 excel 明細表格。樣版內之表格設計及公式係依目前避難審查格式設計，故利用樣版產出之數值格式類似現今防火避難評估公司之 excel 明細表格。 3. 本研究案所選用之案例為辦公室大樓，將於成果報告中更正。
臺北市建築師公會林建築師喬龍	1. 本案涉及許多作業過程：(A)BIM 軟體建模；(B)BIM 導入 FDS→Pyrosim 作業；(C)FDS 軟體建置與設定；(D)觀視模擬動態→Smokeview；(E)防火性能 API→安裝與設定；(F)導入 Template 測試樣版等，測試樣版是否能正確運行。 2. 如果不能先測試確認樣版能正確運行(後段 E→F)，就無法明確訂定 A 之基本需求，致使 A→B 執行結果有誤差，卻不知道問題在哪裡。 3. 建議加強 A→B 的設置要求與規定說明。 4. 請公告相關檔案之下載網址。	1.（1.、2.、3.綜合回覆）「Template 防火避難樣版」初版為推行以 BIM 輔助建築物防火避難性能驗證之初步整合，本研究案所選用之案例為初步測試，後續研究在導入不同案例的過程中，開案樣管理者(使用者)可依照其需求做參數上的調整，系統也會提供使用者自行填入數據之選項，並依本樣版為母體，針對通案做相對參數分析及規範後，分不同版本加入設定。 2. 敬謝委員指導，意見遵照參考辦理。

財團法人消防安全中心基金會尤專委宸燁	1. 期末報告第 35 頁倉庫發熱量應為 2,000，而非 20,000，請更正。 2. 期末報告第 112 頁及 113 頁，空間策略性產業 A，用途是 H-2 住宅，還是辦公室，請確認。 3. 建議找 1 至 2 家顧問公司試用，以便系統可依業界實際狀況修正，較具實用性，未來期望業界能繳交 BIM 模型讓委員進行審查，避免紙張浪費。 4. 現有居室大部分採用簡易二層模式計算煙層下降時間，建議手冊未來加入簡易二層模式或納入比簡易二層模式更好的模式。 5. 本研究已接近實用性，非常不容易，應給予團隊鼓勵，對委員審查非常有幫助。	1. 依委員建議遵照辦理，將於成果報告中修正。 2. 本研究案所選用之案例為辦公室大樓，將於成果報告中更正。 3.（3.、4.綜合回覆）後續研究將納入防火避難性能驗證常使用之簡易二層模式；以及為避免使用者擅自修改樣版，以 C++ 程式語言撰寫系統程式，以有利於樣版管理者鎖定防火避難樣版不可變更之參數及連動參數，並提出具體可供防火避難業界操作驗證之版本及操作測試，以利業界回饋使用意見，藉以優化系統。 4. 敬謝委員指導。
財團法人建築中心李經理明澔	1. 建築樣態多，請考量使用操作手冊的單一樣版可否適用所有建築類型？ 2. 同前項，請考量做單一類型的驗證是否有代表性？ 3. 防火元件的資訊與所內相關成果(如其他兩案)有否相呼應，建議應須整合成果。 4. 研究團隊須注意外掛程式 API 版本的更新維護問題。 5. 本研究產出明細表、輸出圖紙設定對建築設計有很大的幫助。	1. 將納入後續研究範疇。 2.（2.、3.綜合回覆）目前研究案為 BIM 導入防火避難性能計算之開端，是國內發展以 BIM 做法規檢測系統重要的第一步，亦是作為 BIM 整合整體「建築物生命週期」的第一步，後續研究案將以多種建築類型案例驗證測試系統正確性及可行性，並且詳述驗證過程及測試成果。 3. 本研究案為試驗 BIM 模型拋轉至 FDS 之開端，將於後續研究案中加入 API 外掛程式，並更新維護流程及方法。 4. 敬謝委員指導。

巨江防火科技股份有限公司楊經理介雄	1. 建議多導入幾個實際案例驗證更佳。 2. 防火避難樣版之預設選單可否供使用者自行輸入參數的數據？ 3. 在 BIM 模型拋轉至 FDS 應用上，主要為模型之轉換，將 BIM 模型透過 Pyrosim 拋轉至 FDS 使用，可縮減大量之建模時間，此部分值得肯定。 4. 依使用 Pyrosim 拋轉至 FDS 使用經驗，模型拋轉過程，較容易發生模型破口、不完整等現象，此研究於模型轉換過程，是否有出現類似問題？如何避免？ 5. 期末報告第 137 頁有文字錯誤，請再全面審視，例如「前處理器 Pyrosim 中〝后〞」(應為〝後〞)及「自動〝灑〞水設備」(應為〝撒〞)。 6. 本研究案提出於 FDS 中直接建模及用 BIM 模型拋轉至 FDS 應用成果比較上，對比格點尺寸建議須採相同設定。	1. 將納入後續研究範疇。 2. 可供使用者自行輸入參數的數據。 3. 敬謝委員指導。 4. 3D 模型不論是 3D MAX、Rhino 或是 SketchUp，其本質均在於效果圖展示，故其模型並不屬工程級別，在轉換後應用於 FDS 時出現破洞、漏煙等現象實屬正常。而 BIM 模型優勢在於其可複雜性及精確性，故經由 BIM 模型進行模型拋磚不會出現傳統 3D 模型出現破洞、漏煙等問題。此外，在模型拋轉至 FDS 後，FDS 可於模型較為複雜、細節較多之處，做局部格點加密，以解除模擬中可能出現破洞之疑慮。 5. 依委員建議遵照辦理，將於成果報告中修正。 6. 本案因無法取得原有工程案例原始模擬檔案，只有其結果，故無法完全復原原有模型之設定，但因格點越細，模擬結果越接近真實，故本案拋轉案例採用略高於原工程案例之設定。
陳助理研究員	1. 防火避難成果報告第五章使用者案例操作手冊中，建議增加使用者之設定(例如：BIM 模型面積範圍設定等)說明。 2. 建議研究團隊依專家學者意見檢	1.（1.、2.綜合回覆）將於成果報告中以附件方式製作「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」，並於手冊中加入面積範圍設定等前提條

士明	討修正防火避難使用者案例操作手冊後，以附件方式印製單行本，並附上安裝軟體光碟，供業界使用測試及徵求使用回饋意見，以利後續系統調整或修改。	件說明。
陳組長建忠	1. 請研究團隊再確認本研究案計算結果輸出項目，能否滿足建築技術規則總則編第三條之四第三項規定之防火避難綜合檢討報告書及防火避難綜合評定書所須檢討及評定項目。 2. 本研究案今年成果豐碩，宜提出本研究案不足處，需於未來一年完成之研究議題，如發展以 C++撰寫並且由各類型建築案例實證後之樣版，或加入簡易二層模式計算煙層下降時間之選項等。 3. 本件採用的原始樣版是本所經由台灣建築中心於建築師年會獲贈取得，並轉贈全國建築師使用，經新北市政府採納應用及發展(詳情請洽台灣建築中心說明)，目前本研究案是鎖定以避難評估公司人員使用為主，研究團隊除推測使用者使用需求外，宜請使用者實際交付使用後回饋意見，以增加系統實際使用可行性，研究團隊並應洽常使用本系統之建築師，以利取得實際使用本系統之單位名單及人數。 4. 請台灣建築中心與會代表洽請中心內防火避難部門確實提供意見及協助，如案例提供、過去審查	1.（1.、2.綜合回覆）因本次研究由 Dynamo 轉換軟體之外掛程式執行，後續研究將列入以下三系統優化重點，分別為：(1)加強各建築類型案例測試之實證；(2)納入防火避難性能驗證常使用之簡易二層模式；(3)為避免使用者擅自修改樣版，將於後續研究案中發展以 C++程式語言撰寫系統程式，以有利於樣版管理者鎖定防火避難樣版不可變更之參數及連動參數，並提出具體可供防火避難業界操作驗證之版本，及提供業界操作測試，以利業界回饋使用意見及確認模型資訊正確性，藉以優化系統。 2.（3.、4.綜合回覆）本研究案目前是鎖定以避難評估公司人員使用為主，後續研究將增加其他類別人員使用功能，並將參訪曾提交防火避難綜合檢討報告書之設計建築師及徵詢意見，以利納入設計使用端之系統使用功能。 3. 依委員建議遵照辦理。 4. 依委員建議遵照辦理。

	紀錄等，以利報告之完整，另請台灣建築中心爾後考慮研究案議題相關部門人員皆指派代表參與審查會議。 5. 軟體撰寫人員宜避免由身分敏感人士擔任。 6. 請研究團隊至少提出 3 件未來可進行研究且與本案研究範圍不重複的研究計畫提案單，格式請洽本所承辦人員。	
鄭主任秘書元良	1. 結論及建議撰寫完成後，相關格式、機關名稱以及後續如何推行，請研究團隊再與本所人員討論。 2. FDS 於性能設計驗證準確度與成果應用是否沒問題，以及是否有將全棟避難納入考量，請研究團隊再評估及確認。 3. 研究團隊須注意外掛程式 API 版本的更新維護問題。 4. 建議研究團隊於後續研究案涉及計算煙層下降時間時應納入簡易二層模式。	1. 依委員建議遵照辦理。 2. 目前全棟避難採用性能手冊驗證，未來可以考慮添加適當軟體模擬全棟避難案例并用 BIM 拋轉案例進行驗證。 3. 本研究案為試驗 BIM 模型拋轉至 FDS 之開端，將於後續研究案中加入 API 外掛程式，並更新維護流程及方法。 4. 依委員建議遵照辦理，將納入後續研究範疇。
高組長文婷─書面意見	1. 性能式設計 Route B 所採驗證項目包括材料、走廊寬度、防火門寬度等數值且影響設計判定甚鉅，本案採 BIM 設計拋轉成建造圖時，因兩者審查內容項目不同，會否影響？ 2. 法規檢討防火門、防火性能，有無遮菸性或阻熱性，性能避難設計檢討寬度對於元件資訊的建置可分開檢視，再予整合。	1. 本案使用者可使用本研究所建置的「Template 防火避難樣版」，並依據「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」中的操作步驟，導入及選取相關可辨識參數後，快速計算出結果並產生相關 excel 明細表格。樣版內之表格設計及公式係依目前避難審查格式設計，故利用樣版產出之數值格

	3. 本案所開發之「API」應經認證，俾工業界參考。 4. 建研所逐漸開發不同的 API，除本案外，如綠建築設計、基地保水或雨水儲集等，是否有共通的格式，以立業就使用。 5. BIM 拋轉到 FDS 模擬，其建模精確度大為提昇，但拋轉畢竟是黑數，如何確認 FDS 模型所需資訊皆有轉入?	式類似現今防火避難評估公司之 excel 明細表格。目前本研究所採用的案例是台北市辦公大樓，參照審查通過之防火避難報告書內文圖說資料做為研究建置對象，另將於後續研究提擬各地區之共通性，排除差異性之限制條件，以求施用者在初步作業可做為設計避難之參考依據。 2.（2.、3.、4.綜合回覆）依委員建議遵照辦理，將納入後續研究之參考依據。 3. 首先本次模擬完全依照原工程案例之設定而產生的模擬結果，故與原案例有可對比性。其次，一般判定危險來臨時間有五個考慮因素，分別為可視度、氣流層溫度、CO 濃度、CO2 濃度，及輻射熱通量。而本研究採用兩個影響危險來臨時間最主要的因素作為判定，分別為可視度及氣流層溫度，因此不能因為其可視度未有明顯變化就判定原模擬結果有錯誤。第三，由於沒有原有模型，因此無法判定原工程模型是否出現錯誤。依據以往經驗，煙層沒有產生蓄積，可能是模型有破洞或者是建模中有紕漏，這也印證了 BIM 模型拋轉至 FDS 的精確性與必要性。

附錄四 第一次專家座談會會議記錄

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案

第一次專家座談會會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第一次專家座談會會議

貳、 開會時間：106 年 5 月 31 日(星期三) 上午 10 時 30 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所 13 樓簡報室(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅　　**紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 會議說明：

內政部建築研究所委託臺灣建築學會，由郭詩毅教授擔任計畫主持人，執行 106 年度「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」計畫案，計畫辦理專家座談會議，期望能透過相關專家學者的諮詢討論及意見交流，以作為後續計畫研究成果之參考依據。

柒、 綜合討論：

項次	專家學者提問及建議	執行團隊應答
1	當案例變換成複數出口時，直角步行距離是否能自動判讀?	依專家意見可將步距元件加入限制以利判讀。
2	當空間定義改變，例如居室中的居室或是住宅中的樓中樓，避難動線多數形成時，在 BIM 模型中是否能自動判讀?	可依專家意見建立居室中居室等不同之空間屬性亦可使避難動線依不同屬性判讀。
3	區域範圍沒有明顯的隔間界定，模型的驗證上是否有影響?	可依專家意見在模型上建立及限制不同空間之間隔界定線並可回饋到作業手冊。

4	營建署法規有第三條與第三條之四，建議從總則第三條之四綜合檢討著手，避免採用性能式設計。	依專家意見限定研究之範圍。
5	審查及抽查方式之應用，與其開發之可能性為何?	可建議後續研究以建立線上 BIM 防火性能審查為機制，以利用本研究模型匯出 IFC 建立連接供審查人員於線上電子查核。
6	此案開發之 BIM 應用與日本直接讀取 CAD 所產生 Excel 表格之方式有何差異性?	BIM 模型將會設計在軟體內自動生成表格，表格內數值參數將與模型連動減少人為疏失、誤植錯誤。
7	因審查人員無法確認建照圖輸入數值是否完全正確，若此研究案若執行完成，將會減少查核之疏漏。但是應用於操作避難上，是否可以提供操作流程圖，給使用者參考?	遵照辦理。
8	驗證手冊參數設定，日後認可要點以及手冊修正變動，後續如何更新建議列入考量。	遵照辦理。
9	本研究案後續利用 FDS 做傳統與電腦之分析，因 FDS 本身格點大小就足以產生差異，建議執行團隊在格點使用之合理性有所限制。	遵照辦理。
10	步行距離在此案例中是斜線之步行距離，但是在 Rotue B 中是直角步行距離，兩者參數之不同該如何比較?	實質模型可依需求設置為直角步距數值自動加總。
11	天花板高度可否有更細的劃分，也	可依需求在防火樣版上增加或限

	許 5 到 10 公分一個間距?	制參數。
12	建照圖使用牆心線計算面積，但避難手冊所使用是牆內線做計算，參數不同的形況下建議執行團隊可以交代更清楚。	可利用軟體上空間高度不同去作面積上自動框的限制亦可以專家學者建議在操作手冊上提醒。
13	Revit 版本之不相容性該如何解決?是否匯出 IFC 檔案提供審查端之應用?	目前本研究案為防火審查設計之初期，初步以使用者端匯出自動產生數值供審查人員書面審查為初步目的，如需匯出 IFC，將於後續研究案提出審查平台架構，將檔案於雲端平台匯入，自動產生判讀相關審查條件。
14	Revit 與實務擬真上程度是否有辦法去自動判別?若還是操作人員自行判讀，恐怕還是有誤差。	大多定值或部分含有參數的數值可由電腦設定判讀，以供學者專家、審查人員，針對具複雜程度之判讀部分再做進一步的專業判斷。
15	其他軟體 ArchiCAD 等，最後都使用 IFC 之平台，執行團隊是否最終也能提供使用者這樣的操作與判讀?	如後續研究以建立線上 BIM 防火性能審查為機制，以利用本研究模型匯出 IFC 建立連接供審查人員於線上電子查核。就無軟體或版上之使用限制。
16	檢核人員是不是也需要學會 Revit 軟體之應用?	目前設計查核亦為紙本輸出，待後續研究案建立線上電子審查平台後，檢核人員只需於平台上即可查視、審查結果。
17	未來在變更設計的部分，使用者該如何更改，建議執行團隊可以增列在操作手冊中。	遵照辦理。
18	此研究案最終所製作之手冊該屬於	遵照辦理。

	初次版本，建議執行團隊把使用限制制定清楚。	
19	若此研究案使用他人模型，參數部分是否需要重新設定?	後續研究案可依本樣版為母體，針對通案做參數規範後，可分版本加入設定。
20	在使用不同案例下，在導入過程中是否需要重新設定與導入?	開案樣版管理者可依需求做參數上的調整。目前本樣版設定為依本研究案使用。
21	逃生路徑動線是否能自動辨別還是需要手動輸入?	動線需於模型上藉由所提供之元件繪製，模型將自動加總數值。
22	樣版之定義是否能更詳細說明?	遵照辦理。
23	建議執行團隊在手冊中標示清楚，此操作流程為審查的其中一部份，不使設計者認為通過此流程即為通過審查。	遵照辦理。
24	建議研究團隊可以在使用範圍上限制更清楚。	遵照辦理。

捌、 散會 上午 12 時 30 分

附錄五 第二次專家座談會會議記錄

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案

第二次專家座談會會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第二次專家座談會會議

貳、 開會時間：106 年 11 月 29 日(星期三) 下午 2 時 30 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所 13 樓討論室(一)(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅　　**紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 會議說明：

內政部建築研究所委託臺灣建築學會，由郭詩毅教授擔任計畫主持人，執行 106 年度「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」計畫案，計畫辦理專家座談會議，期望能透過相關專家學者的諮詢討論及意見交流，以作為後續計畫研究成果之參考依據。

依據。

柒、 綜合討論：

專家學者	提問及建議	執行團隊應答
財團法人台灣建築中心	1. 以審查者的角度，此研究能有利於審查者得知過程以及數值的正確性，給予執行團隊肯定。 2. 在審核避難性能驗證之設計時，因地區（雙北縣市與其他縣市排煙區劃）等因素的不同，使用不同的審查圖面（建築圖或消防圖），執行團隊所使用案例之套圖是屬於哪一圖說，可否多加說明？	1. 敬謝委員指導。 2. 目前本研究所採用的案例是台北市辦公大樓，參照審查通過之防火避難報告書內文圖說資料做為研究建置對象，另將於後續研究提擬各地區之共通性，排除差異性之限制條件，以求施用者在初步作業可做為設計避難之參考依據。 3. 本案煙層下降時間是由使用者

陳經理盈月	3. 煙層下降時間是由導入的方式還是使用者必須自行輸入數值？ 4. 建議後續團隊可以考量建築物中的夾層，以及一樓店鋪的連接梯等案例類型，並且加入簡易二層的設定，以利樣版更加完善。 5. 建議執行團隊後續在 FDS 的研究中，可以加強情境設定，例如空間設定的格點分析、火源大小、火原位置等，並且加入劇場、電影院等案例。	輸入相關數值，依據避難手冊內之公式後由軟體自動計算出。 4. 敬謝委員指導，將納入後續研究案之參考方向。 5. 本研究案有針對情景設定、格點分析、火源大小及位置進行說明，相關設置均與原工程案例保持一致。未來可針對不同案例，如劇場、電影院等進行具體個案分析，但不在本次研究範疇之內，將納入後續研究案之參考方向。
國家發展委員會 黃委員劍虹	1. 確切設定此軟體的使用者，以利提升後續研究範圍之精確性。 2. 建議研究團隊與建築研究所內配合後續推廣發展（例如培訓建管人員等），日後亦可用於公共工程的部分。	1. 本案以建築師事務所以及防火避難驗證公司為樣版使用者，目的在於提供最基本的驗證，可自行進行初步審核，減少因設計修改時還需再次送審之問題。 2. 敬謝委員指導，將納入後續研究案之參考方向。
中國科技大學室內設計系 湯教授潔新	1. 執行團隊能於這麼短的時間之內產出此成果，給予執行團隊肯定。 2. 此研究涉及兩個軟體應用，研究團隊可能須考量軟體開開放性問題，在未來後續推動時，在防火避難業界可能比較困難。	1. 敬謝委員指導。 2. 目前將以 BIM 體系中各軟體皆能匯出之 IFC 格式為共同轉換的檔案平台，以力求模型之通用。 目前已知的常用疏散軟體中，有可識別 Pyrosim 格式之軟體，如 pathfinder，所以模型從防火轉至疏散模型係屬可行。
許宗	1. 研究團隊應注意操作手冊的使用對象（建築師還是防火避難驗證公司），分析現今 BIM 技術中	1. 本案以建築師事務所以及防火避難驗證公司為樣版使用者，目的在於提供最基本的驗證，

熙建築師事務所 許建築師宗熙	的所有角色關係（申請者、建築師、防火避難驗證公司、審查單位等），以利撰寫手冊內容。 2. 以建築師的角度，事務所目前是使用兩套圖說，一是模擬真實外觀透視圖（注重光線與色彩）；另一是市政府要求建造 BIM 模型 ，再請 BIM 顧問公司整合，研究團隊需注意以台灣事務所規模普遍不大的形況如何推行。（也許可以從大學教育推廣） 3. AutoCAD 是否只能用人工描圖的方式導入 BIM？	可自行進行初步審核，減少因設計修改時還需再次送審之問題。 2. 敬謝委員指導，後續研究中所擬定之推廣的對象亦可納入大學教育以做深耕。 3. 敬謝委員指導，因目前為國內 2D 繪圖轉為 3D 繪圖之過渡時期，故 AutoCAD 人工描圖是目前暫且為轉型的方式之一。
內政部營建署建築管理組 欒副組長中丕	1. BIM 的軟體是屬於哪一個公司所研發的？軟體間的轉換會不會有不同公司研發所導致的困難？研究團隊應注意考量軟體的開放性？ 2. FDS 及其他的軟體（例如逃生所用之軟體）與 BIM 之間的應用，後續研究團隊有何考量？	1. Revit 目前屬於 Autodesk 公司之軟體，與 AutoCAD 有一定程度之相容性，本案為 BIM 導入防火避難性能計算之開段，故目前樣版設計是以業界大眾較多應用之 Revit 為初步平台(一考量與 AutoCAD 相容性等問題)，其他軟體應用平台之整合將待評估後可列為後續研究範圍。 2. FDS 是目前檢驗審查最常用之軟體，且為免費軟體，故以此為研究對象。本案應用 BIM 之初始目的為強調模型的相容、通用及延續性，如有後續相關應用之軟體開發，皆可以本研究初步研究結果做後續之延續應用。

國立台灣科技大學建築系林教授慶元	1. 避難性能驗證所需資訊相對其他是比較少量的，防火避難還有其他相對多的資訊，研究團隊以此願景達到目前成果，後續須考量此研究屬於初探還是需做至完善？（後續也需考量軟體本屬於國外公司開發以及經費的問題） 2. 此研究成果可以給使用者自行初步驗證，減少後續修改圖面時需重新跑流程及審照的困擾，也方便中央審查可以將把關工作還給地方政府，給予研究團隊肯定。	1. 敬謝委員指導。本案為 BIM 導入防火避難性能計算之開段，其於樣版內容將先以防火避難評估手冊之相關計算式為樣版設計及應用之第一要項，其導入相關防火避難法規之深化應可於後續研究有所期待。 2. 敬謝委員指導。
台北市建築管理工程處 洪副總工程司德豪	1. 以行政建管單位的角度來看，設計轉為 BIM 的 3D 模型後再轉為施工圖，當遇到圖面修正時，行政機關如何確認所有圖說（申請執照圖與驗證圖）一致？ 2. 在實務階段執照送審時都無天花板，但在末端使用管理上或室內裝修時仍需呈現，是否可以運用元件（例如門、窗等）管理避免建築圖再次送審？	1. 敬謝委員指導，審查者之可視化檢討及軟體自動判讀前後修正之差異是為 BIM 實務應用之努力的方向。 2. 敬謝委員指導，亦可於後續推廣應用限制條件中，要求模型建置單位納入必要建置之模型元件項目。

台灣建築與都市防災顧問有限公司 陳經理建銘	1. 此軟體是否有相關範圍限制？是否只有針對住宅設計自動檢核？ 2. 進行防火避難審查時，是否有面積（三百米平方以下需使用簡易二層）的影響煙層下降的限制?	1. 驗證樣版正確來自參數的變因，本案之參數可分為三類，分別為「樣版自動建置之參數」、「外掛程式應變之變數」及「性能驗證技術手冊之參數」，為本案之樣版範圍限制，後續研究可依本樣版為母體，針對通案做相對參數分析及規範後，可分版本加入設定。 2. 敬謝委員指導，將簡易二層納入後續研究之設計參數項目。

附錄六 歷次工作會議紀錄

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案第一次工作會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第一次工作會議。

貳、 開會時間：106 年 3 月 3 日(星期五) 上午 11 時 0 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅　　**紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 主持人報告：

報告研究案之研究摘要、方法流程、目前工作進度完成之工作項目。提出目前研究案例資料，以面積最大樓層為探討依據，進行傳統做作業與使用 BIM 模型比較之分析。

報告研究進度預期完成之工作項目：1.將○○建設科技辦公大樓之案例轉為 Revit 模型，導入 BIM。2.將 BIM 模型所得之資料與建築物防火避難安全性能驗證技術手冊試算結果進行比較，分析其中優缺，了解兩者之間差異。3.將 BIM 模型所得之數據資料拆解整理，以利日後寫於程式當中。4.上述方法執行無誤後，將其方法應用於第二個案例。

柒、 綜合討論：

(一)有關將 BIM 模型輸入至 FDS 火災建模軟體一節，建議執行團隊考量 FDS 操作容量限制，調整相關轉換機制，以利 BIM 模型於 FDS 內操作順利。

(二)執行團隊擬以某棟 30 層樓高之科技辦公大樓為案例，並以建築物防火避難安全性能驗證技術手冊為主，進行傳統作業與使用 BIM 模型比較之分析。

(三) 未來可以參考台北市及新北市規定之 BIM 模型元件設定，統整 BIM 模型的使用資訊需求。

(四)國內書單請於 3 個月內提交；若是國外書籍請提早告知，以便辦理申請。

(五)建研所工程組建議提早一個月至半個月先行於工作會議中討論期中與期末報告之內容，提早解決及發現報告中需補充之項目。

(六)初期預定使用 BIM 讀取由圖面樓地板面積、步行距離，並輸出資料，未來可提供評定機構作為驗證數據正確與否使用。

(七)由於使用 CAD 本身沒有材質上的賦予，但是 BIM 可以在建模時可定義，未來可評估 BIM 提供的方便作業有無作業上實質的效益。

(八)以兩不同案例進行模擬比較，以釐清 BIM 應用於不同案例之限制

捌、 散會 下午 12 時 10 分

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案第二次工作會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第二次工作會議。

貳、 開會時間：106 年 3 月 29 日(星期三) 上午 11 時 0 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅　　**紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 主持人報告：報告本月研究案之工作進度

1. 將案例一（30 層樓高之科技辦公大樓）中的最大面積樓層以建築物防火避難安全性能驗證技術手冊進行「煙層下降時間」與「避難所需時間」等資料分析。
2. 將第 1.點中所分析之資料建立 Excel 表格。
   其表格中包含內容為：居室避難時間、煙層下降時間、居室驗證結果、樓層煙層下降時間、樓層避難時間等等。
3. 將案例一（30 層樓高之科技辦公大樓）轉入 Revit，並建立 BIM 模型(尚在進行中)。
4. 將第 2.點中的數據資料拆解再整理，並嘗試將其數值導入 Revit 中所建立之防火樣版(尚在評估可行性)。
5. 簡要敘述 FDS & Pyrosim，並且了解其重要性。

柒、 綜合討論：

(一) 建議執行團隊希望可以增加建築技術規則如步行距離等的檢討，比較手冊及 BIM 建模之差異。而執行團隊本身本也有意將此列入操作範圍，並正在執行規劃當中。

(二) 其他現今廣泛使用之軟體(如:Sketch UP、ArchiCAD…等)之數值或數據，能否利用 BIM 擷取部分可取用之資料，增加整體附加效益。

(三) 補充 Pyrosim 軟體的適用性及單一性，了解其更詳細的資訊內容。

(四) 現今軟體更新速度快，建議執行團隊確認 Pyrosim 軟體是否可以適用改版後的 Revit 及 ArchiCAD 等其他軟體。

捌、 辦、散會 下午 12 時 0 分

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案第三次工作會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第三次工作會議。

貳、 開會時間：106 年 5 月 5 日(星期五) 上午 9 時 30 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅 **紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 報告：報告四月份研究案之工作進度

1. 將案例一（30 層樓高之科技辦公大樓）中的最大面積樓層以建築物防火避難安全性能驗證技術手冊進行「煙層下降時間」與「避難所需時間」等資料分析並建立 Excel 表格。
2. 將案例一（30 層樓高之科技辦公大樓）建立 Revit 模型。
3. 試圖將利用分析資料所建立之 excel 表格內文中，由計算「煙層下降時間」與「避難所需時間」之資訊前提條件導入模型；且嘗試由模型連動建立資訊及相關選擇性參數並表格化樣版，(目前進度已將樓地板面積完成資訊連動，防火用途種類以及其他數值正在評估可行性，也將為下月工作進度之重點) 在由建置好的模型自動生成的空間中，於空間性質中選擇已建立好的參數或變因，在所列的表格中將自動產出明細分類及加總。

   (1) 將案例一（30 層樓高之科技辦公大樓）中的最大面積樓層以建築物防火避難安全性能驗證技術手冊進行「煙層下降時間」與「避難所需時間」等資料分析並建立 Excel 表格。(供驗證用)
   (2) 建立 Revit 模型並於空間性質中設定參數或變因，並將「煙層下降時間」與「避難所需時間」之資訊前提條件導入模型。
   (3)於 Revit 模型中點選已建立好的參數或變因，執行團隊研發之外掛軟體將自動產生一表格，且該表格將自動產出「煙層下降時間」與「避難所需時間」等資料分析之明細分類及加總，執行團隊將此自動產出之表格式分析資料與(1) Excel 表格分析資料比對，確認執行團隊研發之外掛軟體自動產出之表格式分析資料正確性。

柒、 綜合討論：

(一) 建議執行團隊日後可以提出如何避免人工失誤及造假之說明。執行團隊本有規劃於期末提出操作手冊，內容提及上述條件外，也將進行其他綜合討論。

(二) 平面以及 3D 模型的關係上所產出的數值，是否可以更進一步的說明其中資訊數據與其他軟體的通用性。

(三) 建議執行團隊應於月底召開一次超過三人以上之專家座談會。

(四) 建議執行團隊於期中報告時除了提及案例一之說明外，說明如何對應到其他案例之方法，以及更改後的各步驟介面之連動方式。

(五) 請執行團隊最後研究成果具體可行且可供營建署等單位實務應用。

(六) 請執行團隊了解 1.針對 IFC 程式碼進行了解外，如何應用在案例一之 BIM 模型上。2.敘述對業界使用者之介面使用了解。3.是否可以自行開發取代 Pyrosim 之軟體。(執行團隊將於下次工作會議中回應上述 3 點內容。)

捌、 散會 上午 10 時 40 分

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案第四次工作會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第四次工作會議。

貳、 開會時間：106 年 6 月 30 日(星期五) 上午 10 時 30 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅 **紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 報告：報告六月份研究案之工作進度

1. 將本次研究案內容中的研究目的與研究範圍加以描述，主要分成三部分進行：(1)比較過往以傳統 CAD 所產出之防火避難 excel 表格內相關數字與數值，是否與本研究利用 BIM 所產出之「Template 防火避難樣版」相符。(2)建置使用者操作手冊。以建築師事務所與防火避難評估公司等使用者為主，輸入相關可辨識參數，可產生防火避難 excel 表格內相關數字與數值之結果，以減少原本人工判讀與數值上的誤差。(3)利用原案利所建置之 Revit 模型，嘗試導入 FDS 進行初步判別與檢測，了解軟體間拋轉問題與使用之困難。
2. 專家座談會之會議紀錄回應表(專家座談會會議說明：內政部建築研究所委託臺灣建築學會，由郭詩毅教授擔任計畫主持人，執行 106 年度「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」計畫案，計畫辦理專家座談會議，期望能透過相關專家學者的諮詢討論及意見交流，以作為後續計畫研究成果之參考依據。)
3. 期中報告呈現重點架構目錄表
4. 初步擬定之操作手冊說明及使用步驟

柒、 綜合討論：

(一) 建議執行團隊於後續座談會、工作會議等中補強說明，以建築師事務所與防火避難評估公司等使用者為主並建置操作手冊之研究目的，減

少第一次專家座談會議中所出現(ex.審查及抽查方式之應用，與其開發之可能性為何?是否能自動判讀?)並未包含本研究案之研究範圍的提問問題。關於審查端之意見可蒐集統整後，以利後續研究案順接進行。

(二) 利用 Revit 所建置之 BIM「Template 防火避難樣版」，模擬原防火避難評估公司所熟悉 excel 表格之色彩與編排方式，以利本研究最終成果推廣及應用。因「Template 防火避難樣版」中的參數包含許多函數比大比小值等，研究團隊後續將嘗試撰寫 API 外掛程式將「Template 防火避難樣版」建置完全。

(三) 建議執行團隊所建置之樣版，於使用端操作使用時，在數值超出及數值選取錯誤時，能產生自動提醒之機制。

(四) 目前新北市政府之操作樣本為本研究案所建置之「Template 防火避難樣版」的參考雛形，以利後續使用端在使用操作上，不同樣版檔案可以相容。

(五) 建議執行團隊利用多數案例驗證之過程於實作成果報告中呈現，後續產出之操作過程手冊應用，以一案例方式呈現操作步驟即可。

(六) 執行團隊應於操作手冊中提醒使用端在導入 BIM 模型時之前提操作步驟(ex.面積前提條件設定)，以利後續操作樣版設定。

(七) 研究團隊目前還在深入研究 Pyrosim(Revit 與 FDS 拋轉之中介軟體)之應用與是否可自行開發等評估。

捌、 散會 上午 12 時 20 分

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案第五次工作會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第五次工作會議。

貳、 開會時間：106 年 8 月 3 日(星期四) 上午 10 時 30 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅 **紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 報告：報告七月份研究案之工作進度

1. 期中審查之會議記錄回應表(期中審查會議說明：內政部建築研究所委託臺灣建築學會，由郭詩毅教授擔任計畫主持人，執行 106 年度「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」計畫案，由期中審查會議檢視有無符合預期成果方向，並透過各機關與專家學者之建議進行修正，以利研究團隊進行後續研究計畫。)
2. 目前研究團隊嘗試撰寫防火避難樣版之 API 外掛程式，克服防火避難驗證公式中參數及函數比大比小值等過於複雜之數值，並將「Template 防火避難樣版」建置完全。(其結果將會修改「防火避難案例驗證 BIM 計算操作手冊架構目錄」之內容)
3. 研究團隊目前正在篩選出案例二，進行傳統做作業與使用 BIM 模型比較之分析後，導入目前所建置之防火避難樣版進行案驗證。將案例一與案例二進行比較分析後，修改防火避難樣版，以利將「Template 防火避難樣版」建置完全。
4. 以影片方式呈現目前「Template 防火避難樣版」之操作步驟流程。

柒、 綜合討論：

(一) 研究團隊所建置之「Template 防火避難樣版」需對應最新版之建築物防火避難安全性能驗證技術手冊。

(二) 建議研究團隊收集防火避難顧問公司所認為利用建築物防火避難安全性能驗證技術手冊進行驗證之優缺點及隱藏性錯誤或不合理之處，並深入了解建置一 FDS 模型(與案例一相同類型之住宅)所需多少時間，以及人工操作上之困難。

(三) 研究團隊除了深入研究 Pyrosim (Revit 與 FDS 拋轉之中介軟體)之應用與是否可自行開發等評估之外，建議了解此軟體在中國大陸應用於業界之何處與原因，以利探討其必要性。

(四) 了解 Pyrosim 可匯出之檔案類型，若可以利用 IFC 進行抓點座標，以利後期研究建立 IFC 格式檔案之線上 BIM 防火性能審查為機制。

(五) 建議執行團隊可以加強說明應用 Revit 為初步設計平台之原因，可與其他 BIM 應用之軟體比較(例如：ArchiCAD、Bentley 等)

(六) 執行團隊應於「Template 防火避難樣版」中之步行距離 (L 型、直角等逃生步距) 設定其軌跡路線，以利操作人員判讀。

捌、 散會 上午 12 時 30 分

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案第六次工作會議紀錄

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第六次工作會議。

貳、 開會時間：106 年 9 月 5 日(星期二) 上午 10 時 30 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：莊英吉　　**紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 報告：報告八月份研究案之工作進度

1. 目前研究團隊對應最新版之建築物防火避難安全性能驗證技術手冊，並嘗試撰寫防火避難樣版之 API 外掛程式，克服防火避難驗證公式中參數及函數比大比小值等過於複雜之數值，並將「Template 防火避難樣版」建置完全。(其結果將會修改「防火避難案例驗證 BIM 計算操作手冊架構目錄」之內容)
2. 研究團隊目前正在篩選出案例二，進行傳統做作業與使用 BIM 模型比較之分析後，導入目前所建置之防火避難樣版進行案驗證。將案例一與案例二進行比較分析後，修改防火避難樣版，以利將「Template 防火避難樣版」建置完全。
3. 目前研究團隊除了深入研究 Pyrosim (Revit 與 FDS 拋轉之中介軟體)之應用與是否可自行開發等評估之外，亦了解此軟體在中國大陸應用於業界之何處與原因，以利探討其必要性。
4. 依據第一次專家座談會之回應表格提出問題討論並加強應答。

柒、 綜合討論：

(一) 建議研究團隊在撰寫 API 外掛程式時，應注意是否能鎖定「Template 防火避難樣版」，讓他人無法改寫或修改此樣版原本之設定。

(二) 新北市政府建造執照電腦輔助查核系統之樣版所花費六年時間去建置，本研究團隊依此為基礎去建置「Template 防火避難樣版」初版，降低人員操作之錯誤並以紙本輸出進行審查，建議於下一版或下下版本，建立線上審查平台使系統更加健全之後再進行推廣。

(三) 建議研究團隊將最新版之建築物防火避難安全性能驗證技術手冊第五章節內之 Excel 表格匯入「Template 防火避難樣版」，依此作為一案例進行檢核。

(四) 研究團隊了解 Pyrosim (Revit 與 FDS 拋轉之中介軟體)之應用後，試驗結果與否都將於報告中呈現。

(五) 建議研究團隊在專家座談會之應答，可以多加強描述說明使應答更加豐富。

(六) 執行團隊將案例驗證之過程於實作成果報告中呈現，後續產出之操作過程手冊應用，以驗證步驟呈現操作步驟。

散會 上午 12 時 0 分

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究案

第七次工作會議紀錄(專家座談會議)

壹、 開會事由：召開研究案-「以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究」第七次工作會議。

貳、 開會時間：106 年 10 月 25 日(星期三) 上午 10 時 0 分

參、 地點：中華民國內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

肆、 主持人：郭詩毅　　**紀錄：**袁千涵

伍、 出席人員：如簽到單

陸、 報告：期末審查會議之預演報告

透過 BIM 技術能有效地運用「物件導向」的資料結構，能及時產生精確數值之特性，從防火避難評估業界為使用者的角度出發，先後運用兩個建築大樓之案例，以新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」為發展概念，建立「Template 防火避難樣版」初版，作為推行以 BIM 輔助建築物防火避難性能驗證之初步整合，解決因為建築物梁、柱、樓地板面積等前提條件的誤差值，導致避難安全性能驗證結果的誤差與錯誤。以達到使用者可以與建築師有效整合圖面，增加驗證計算之準確性，避免收容人員實際可避難時間的浮報誤差，進而讓後續評定及審查單位可以有效掌握驗證資訊，降低火災時的人命傷亡及財產損失。綜合上述，本研究以兩案例進行「Template 防火避難樣版」之驗證，確立其可行性，並擬定以下研究目的：

1. 比較分析過去利用傳統方式的人工操作讀取 AutoCAD 資訊所產出之防火避難 excel 明細表格，與本研究利用 BIM 技術所產出之「Template 防火避難樣版」excel 明細表格之優劣與差異。
2. 以建築師事務所與防火避難評估公司等使用者為主，建置「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」。依據手冊中的操作步驟，導入及選取相關可辨識參數後，能快速產生防火避難 excel 明細表，並達到下列效益：
   (1) 提升使用者作業之便利性。

(2) 提升前提條件參數數值的精確度。
(3) 提升性能驗證結果數值的精準度。
(4) 提升建築物之安全性。
(5) 共享資料以減少重複作業的浪費。
(6) 使用標準資料格式減少因檔案交換而產生的錯誤與遺漏。

3. 利用一工程案利驗證 BIM 模型拋轉至 FDS 模擬的結果，並且與原有工程案例進行對比分析，初步判別與檢測兩軟體間拋轉問題與使用的注意事項。並達到下列效益：
(1) 減少模擬需二次建模之必要性，提升效率。
(2) 直接拋轉模型提升數值模擬的精確度。
(3) 提升性能驗證結果分析的精準度。

柒、 綜合討論：

項次	專家學者提問及建議	執行團隊應答
1	現今新北市政府推行之「建造執照電腦輔助查核系統」屬於 Route A，而執行團隊所建置之防火避難樣版為 Route B，兩者之結合及如何應用?	「Template 防火避難樣版」初版為推行以 BIM 輔助建築物防火避難性能驗證之初步整合，本研究案所選用之案例為初步測試，後續研究在導入不同案例的過程中，開案樣管理者(使用者)可依照其需求做參數上的調整，系統也會提供使用者自行填入數據之選項，並依本樣版為母體，針對通案做相對參數分析及規範後，分不同版本加入設定。
2	BIM 參數取代方式與使用 2D CAD 參數進行避難安全性能驗證結果，誤差值在負 4%範圍內，如何判斷誤差?若人工試算結果誤差值大於 4%時，後續研究團隊會以何種方向進行，說服審查人員此研究之成果為可行?	本研究所建置之防火避難樣版，為電腦自動圈選面積範圍，過往誤差值來自於面積前後修正微調而產生的誤差，故使用本研究之防火避難樣版，可以自動連棟面積數值與 excel 表格，目前本研究以建築物防火避難安全性能驗證手冊中計算 excel 公式，與防火避難樣版相符，減少誤差值產生機率。

3	建議執行團隊將「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」可比照建築物防火避難安全性能驗證技術手冊方式，教導初學者從頭開始使用。	謝請委員指教，將於成果報告中之附件式案例操作手冊中加入說明。
4	Route C 的部分還有 EXODUS、Simulex 等審查工具，請問研究團隊所指的後續應用是指將結合這些軟體做整合還是指其他?	不論是 EXODUS 或是 Simulex 均是人員疏散軟體，本次研究主要針對火災煙氣部分進行討論，模擬完全依照原工程案例之設定而產生的模擬結果，與原案例有可對比性。疏散軟體建模所需並非全部建築幾何模型，而是每層平面，故與 BIM 結合程度不高，未來可根據審查者之需要進行進一步研究。
5	本研究團隊執行之成果已接近實際應用性，非常不容易，應給予團隊鼓勵。	謝請委員指教。
6	期末報告第 35 頁倉庫發熱量應為 2,000，而非 20,000，請更正。	謝請委員指教，將於成果報告中更正。
7	期末報告第 112 頁及 113 頁，空間策略性產業 A，用途是 H-2 住宅，還是辦公室，請確認。	謝請委員指教，本研究案所選用之案例為辦公室大樓，將於成果報告中更正。
8	現有居室大部分採用簡易二層模式計算煙層下降時間，建議手冊未來加入簡易二層模式或納入比簡易二層模式更好的模式。	因本次研究由 Dynamo 轉換軟體之外掛程式執行，後續研究將列入常使用之簡易二層模式，並提出具體可供防火避難業界操作驗證之版本，及提供業界操作測試，以利業界回饋使用意見及確認模型資訊正確性，藉以優化系統。
9	建議研究團隊依專家學者意見檢討修	將於成果報告中以附件方式製作

	正防火避難使用者案例操作手冊後，以附件方式印製單行本，並附上安裝軟體光碟，供業界使用測試及徵求使用回饋意見，以利後續系統調整或修改。	「Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊」，並於手冊中加入面積範圍設定等前提條件說明。 因本次研究由 Dynamo 轉換軟體之外掛程式執行，後續研究為避免使用者擅自修改樣版，將於後續研究案中發展以 C++程式語言撰寫系統程式，以有利於樣版管理者鎖定防火避難樣版不可變更之參數及連動參數，並提出具體可供防火避難業界操作驗證之版本，並附上安裝軟體光碟，提供業界操作測試，以利業界回饋使用意見及確認模型資訊正確性，藉以優化系統。
10	防火避難成果報告第五章使用者案例操作手冊中，建議增加使用者之設定(例如：BIM 模型面積範圍設定等)說明。	
11	建議執行團隊簡報中的結論與建議字樣可以分開，以利簡報時可以更明確表達。	謝請委員指教，將於期末審查報告中更正。
12	請研究團隊至少提出三件未來可進行研究且與本案研究範圍不重複的研究計畫提案單，格式請洽本所承辦人員。	謝請委員指教，遵照辦理。 三件未來可進行研究 (1) 以 BIM 用於簡易室裝時，集合住宅等建築物進行建築物防火避難性能之驗證工具，利用電子上傳進行審查之作業。 (2) 發展以 C++撰寫並且由各類型建築案例實證後之「Template 防火避難樣版」二版，以利於樣版管理者有效管理之參數及連動參數，提出具體可供防火避難驗證業界操作之樣版。 (3) 建置「Template 防火避難樣版本案例操作手冊」二版，依據手冊中的操作步驟，導入及選

		取相關可辨識參數後，能快速連動產生防火避難時間計算明細表。手冊撰寫及樣版建置完成，供授權提供使用者上手使用。
13	建議研究團隊除了以防火避難評估公司為使用者外，應增列建築師為使用者並且推測使用者使用需求，請使用者實際交付使用後回饋意見，以增加系統實際使用可行性。	本研究案目前是鎖定以避難評估公司人員使用為主，後續研究將增加其他類別人員使用功能，並將參訪曾提交防火避難綜合檢討報告書之設計建築師及徵詢意見，以利納入設計使用端之系統使用功能。

附錄七 Template 防火避難樣版使用者案例操作手冊-初版-

第一章 新專案設定.....
1.1 樣版架構 .....
1.2 匯入樣版 .....
1.3 外掛程式安裝與更新 .....
第二章 專案及視圖設定與注意事項 .....
2.1 專案單位、方位設定 .....
2.2 樓層名稱(多棟)定義 .....
2.3 專案瀏覽器配置、視圖用途 .....
2.4 圖紙用途 .....
第三章 防火單元元件使用.....
3.1 門元件操作注意事項項 .....
3.2 逃生步距元件操作注意事項 .....
第四章 居室避難計算性能操作方法.....
4.1 數值計算前提要件 .....
4.2 居室驗證結果計算 .....
4.3 居室避難時間計算(分) .....
4.4 居室避難時間與居室煙層下降時間結果計算.....
第五章 樓層避難計算性能操作方法.....
5.1 樓層避難時間(分)計算結果.....
5.2 樓層避難時間(分)計算明細表 .....
5.3 樓層避難時間(分)計算結果 .....
5.4 樓層煙層下降時間計算明細表 .....
第六章 檔案匯出及交付原則.....
6.1 明細表匯出 Excel .....
6.2 數值於專案圖紙輸出.....

參考書目

英文部分：

1. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. John Wiley & Sons, Inc., 2011
2. Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sack, and Kathleen Liston, “BIM Handbook-A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, Second Edition”, John Wiley & Sons, Inc.,U.S.A., 2011.
3. Montreuil, B, A Modelling Framework for Integrating Layout Design and Flow Network Design. In Material Handling’. Springer Berlin Heidelberg., 1991
4. Computer Integrated Construction Research Program,”BIM Project Execution Planning Guide – Version2.0”, The National Institute of Building Sciences buildingSMART Alliance, U.S.A., 2010.
5. Kevin McGrattan Glenn Forney, “Fire Dynamics Simulator（Version4）User’s Guide”, NIST, U.S.A., 2005
6. “Building Information Modeling Protocol Exhibit”, AIA Document E202™,American Institute of Architects, U.S.A., 2008.

中文部分：

1. 謝尚賢、郭榮欽、陳奐廷、蔡沅澔，「透過案例演練學習 BIM：基礎篇」，初版，台大土木工程資訊模擬與管理研究中心，2014。
2. 林煒郁，台灣 BIM 推動困境及在地化開發之重要性，台灣 *BIM* 未來研討會, 台灣大學,成功大學，2016
3. 葉錫銘，「新建中高層集合住宅防火避難性能評估之探討」，國立台灣科技大學，碩士論文，2008
4. 內政部營建署，「103 年版建築技術規則」，中華民國全國建築師公會，2014。
5. 內政部消防署，「102 年版各類場所消防安全設備配置標準」，中華民國全國建築師公會，2014。
6. 田中哮義，「改訂版建築火災安全工學入門」，財團法人日本建築學會，2002。

7. 王榮進、林慶元、許宗熙、馮俊益、陳建忠、費宗澄、楊冠雄、熊光華、簡賢文，「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」，內政部建築研究所，2011。
8. K 陳建銘，「舊有集合住宅直通樓梯梯間避難安全性能改善研究─建築物防火避難設施改善方法與其成效分析」，國立台灣科技大學，碩士論文，2006。
9. 鄭泰昇，國內 BIM 元件通用格式與建置規範研究成果報告，新北市，內政部建築研究所，2015
10. 陳思吟，BIM 智慧元件結合雲端平台之設計輔助研究，成功大學建築學系學位論文，2016
11. 黃毓舜，「BIM 導入建造執照檢測技術發展之研究─以新北市建造執照電腦輔助查核系統規劃案為例」，「『攜手 BIM 進，共創新局─建構新北 3D 雲端智慧城』研討會論文集」，初版，新版市政府編著，新北市，2014
12. 新北市政府工務局，「新北市建造執照電腦輔助查核系統規劃案」，第四版，新版市政府編著，新北市，2012
13. 賴朝俊，「BIM 科技導入建築師實務上的運用」，「『攜手 BIM 進，共創新局─建構新北 3D 雲端智慧城』研討會論文集」，初版，新北市政府編著，新北市，2014
14. 黃毓舜，「新北市政府 BIM 執行計畫與成果─建築與工程管理的新挑戰」，中國工程學會─工程雙月刊，第 85 卷 05 期，2013。

以 BIM 輔助建築防火避難性能驗證之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：（02）89127890

地址：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

網址：http://www.abri.gov.tw

編者：郭詩毅、莊英吉、莊英宏、袁千涵

出版年月：106 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-986-05-4888-4