

建築資訊模型(BIM)於建築物 消防安全管理之應用

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 100 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)

建築資訊模型(BIM)於建築物 消防安全設備管理之應用

研究主持人：鄭元良

協同主持人：張寬勇

研究員：林祐正

研究助理：陳怡茹、蘇郁智

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 100 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)

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究範圍.....	2
第四節 研究方法與流程.....	4
第二章 文獻回顧.....	7
第一節 BIM 介紹.....	7
第二節 消防安全設備檢修相關規範.....	30
第三節 國內外相關文獻.....	37
第四節 小結.....	47
第三章 BIM 於消防安全設備檢修之應用規劃.....	49
第一節 消防安全設備檢修作業現況探討.....	49
第二節 BIM 導入消防安全設備檢修模式建立.....	57
第三節 應用設備選用與資訊需求確立.....	63
第四節 小結.....	70
第四章 BIM 模型建置需求.....	73
第一節 BIM 模型細緻程度規劃.....	73
第二節 BIM 模型建置流程說明.....	81
第三節 BIM 模型軟體.....	85
第四節 BIM 模型元件建置.....	94
第五節 小結.....	98
第五章 BIM-based 消防安全設備管理系統雛型規劃與建置.....	99
第一節 系統需求分析.....	99
第二節 BIM 軟體與展示設備選用.....	102
第三節 系統開發環境.....	106
第四節 BIM-based 消防設備資料庫設計.....	113

第五節 系統建置.....	118
第六節 小結.....	132
第六章 案例導入.....	133
第一節 案例介紹.....	133
第二節 案例導入內容.....	136
第三節 案例探討與分析.....	153
第四節 導入成本分析.....	160
第五節 小結.....	162
第七章 結論與建議.....	165
第一節 結論.....	165
第二節 建議.....	167
第三節 後續研究方向.....	169
附錄一 甄審意見及廠商回應一覽表	171
附錄二 工作會議審查意見回覆.....	175
附錄三 期中審查意見與回覆.....	179
附錄四 期末審查意見與回覆.....	183
附錄五 專家座談會會議紀錄.....	189
附錄六 專家訪談紀錄.....	203
參考文獻.....	209

表次

表 2.1 BIM 於營建管理生命週期之應用	11
表 2.2 CAD 與 BIM 之差別比較.....	29
表 2.3 消防設施及設備相關法令.....	37
表 3.1 消防安全設備研究標的及應用內容.....	64
表 3.2 檢修作業基本資料表範例.....	65
表 3.3 檢修作業基本參數需求.....	65
表 3.4 滅火器檢查表範例.....	66
表 3.5 滅火器檢修需求參數.....	67
表 3.6 滅火器資訊參數寫入位置規畫表.....	69
表 4.1 AIA 與 AEC(UK)之模型細緻程度分類	79
表 4.2 BIM 模型結構、建築建置之細緻程度需求	79
表 4.3 消防設備檢修作業之 BIM 模型細緻程度需求.....	80
表 4.4 BIM 相關軟體	91
表 5.1 設備檢查結果統計表(以滅火器為例).....	101
表 5.2 展示設備規格表.....	106
表 5.3 Visual Studio.NET 架構與運作	109
表 5.4 消防設備 BIM 模型資料表	116
表 5.5 設備種類資料表.....	117
表 5.6 設備檢查表單資料表.....	117
表 5.7 檢修項目資料表.....	117
表 5.8 檢修結果資料表.....	117
表 5.9 檢修人員資料表.....	117
表 5.10 檢修器材資料表.....	118
表 6.1 各層樓空間使用計畫.....	134
表 6.2 地下二層消防設備清單.....	135
表 6.3 建模系統分類.....	137

表 6.4 地下二層灑水設備清單.....	143
表 6.5 BIM-based 消防安全管理系統 SWOT 分析表	157
表 6.6 傳統檢修作業與導入 BIM 後之差異分析表	158

圖次

圖 1.1 研究範圍示意圖.....	3
圖 1.2 研究流程圖.....	5
圖 2.1 BIM 生命週期資訊串聯示意圖.....	8
圖 2.2 專案資訊衝突斷層與逆流之示意圖.....	9
圖 2.3 3D 建築模型與 2D 平面圖轉換示意圖.....	10
圖 2.4 建築資訊模型發展流程.....	12
圖 2.5 使用 BIM 整合工程專案各階段示意圖.....	12
圖 2.6 機電與建築整合之 BIM 模型.....	14
圖 2.7 BIM 模型整合示意圖.....	14
圖 2.8 BIM 物件參數性質表.....	15
圖 2.9 BIM 雙向連動之示意圖.....	16
圖 2.10 建築資訊模之資訊整合模式.....	17
圖 2.11 BIM 整合平台示意圖.....	17
圖 2.12 BIM 之平面圖與 3D 視圖與剖面圖輸出.....	18
圖 2.13 BIM 表格輸出示意圖.....	18
圖 2.14 BIM 數量計算圖說輸出示意圖.....	19
圖 2.15 BIM 應用於效能分析圖.....	19
圖 2.16 BIM 應用於建築物能源分析圖.....	20
圖 2.17 BIM 之日光模擬示意圖.....	20
圖 2.18 BIM 協同工作說明圖.....	21
圖 2.19 各軟體間直接進行資訊交換.....	22
圖 2.20 利用共同支援的標準格式進行資料交換.....	23
圖 2.22 經濟影響時期材料之需求.....	27
圖 2.23 美國與全世界原物料使用量.....	28
圖 2.24 再生與非再生能源之使用量.....	28
圖 2.25 消防安全設備維護管理問題特性要因圖.....	35

圖 3.1 受理消防安全設備檢修申報及複(檢)查流程圖.....	50
圖 3.2 訂定消防安全設備檢修合約示意圖.....	51
圖 3.3 消防安全設備改善計畫書範例.....	52
圖 3.4 現行檢修方式示意圖.....	53
圖 3.5 檢修報告書交付與申報作業示意圖.....	53
圖 3.6 消防安全設備檢修申報流程圖.....	54
圖 3.7 現行消防設備檢修作業流程.....	55
圖 3.8 授權 BIM 模型及建置 BIM-based 消防設備資料庫程序示意圖.....	58
圖 3.9 利用 BIM 模型規劃檢修作業內容示意圖.....	58
圖 3.10 平板電腦檢修介面示意圖.....	59
圖 3.11 使用 BIM 模型進行消防設備檢修流程圖.....	60
圖 3.12 利用 BIM 執行消防設備檢修作業示意圖.....	61
圖 3.13 設備狀況視覺化示意圖.....	62
圖 3.14 檢修報告書撰寫及交付流程示意圖.....	62
圖 4.1 LOD 100 模型細緻程度示意圖.....	74
圖 4.2 LOD 200 模型細緻程度示意圖.....	74
圖 4.3 LOD 300 模型細緻程度示意圖.....	75
圖 4.4 LOD 400 模型細緻程度示意圖.....	76
圖 4.5 LOD 500 模型細緻程度示意圖.....	77
圖 4.6 英國 AEC(UK) BIM Standard 之元件第三級組成圖示.....	78
圖 4.7 建置 BIM 模型之基本流程圖.....	81
圖 4.8 選取元件.....	95
圖 4.9 族群編輯欄中加入參數.....	95
圖 4.10 參數資料設定.....	96
圖 4.11 輸入所新增參數之參數值或參數公式.....	96
圖 4.12 元件新增參數步驟.....	97
圖 5.1 BIM-based 消防安全設備檢修系統功能示意圖.....	100
圖 5.2 BIM-based 消防安全設備管理系統開發環境圖.....	106
圖 5.3 NET Framework 示意圖.....	110

圖 5.4 BIM-based 消防安全設備檢修資料庫 E-R Model.....	115
圖 5.5 BIM-based 消防安全檢修管理系統資料庫關聯圖.....	116
圖 5.6 BIM-based 消防安全設備管理系統流程圖.....	120
圖 5.7 系統介面選單與功能示意圖.....	121
圖 5.8 系統提示畫面示意圖.....	122
圖 5.9 系統呈現設備模型編號與種類示意圖.....	123
圖 5.10 系統功能選單按鈕功能示意圖.....	124
圖 5.11 系統更新資料庫結果示意圖.....	124
圖 5.12 設備檢查表匯出結果示意圖.....	125
圖 5.13 設備檢查結果統計表示意圖.....	126
圖 5.14 系統自動視覺化檢修狀況示意圖.....	126
圖 5.15 設備基本資料介面圖.....	127
圖 5.16 設備檢修清單介面圖.....	128
圖 5.17 檢修結果填寫介面示意圖.....	129
圖 5.18 歷史檢修紀錄介面圖.....	130
圖 5.19 檢修人員與器材介面示意圖.....	131
圖 6.1 本研究案例之位置圖.....	133
圖 6.2 建築模型繪製步驟.....	138
圖 6.3 建築物主體展示.....	138
圖 6.4 智慧型火警受信總機及緊急廣播主機元件模型.....	139
圖 6.5 綜合防火箱元件模型.....	140
圖 6.6 乾粉式滅火器元件模型.....	140
圖 6.7 乾式出口門燈元件模型.....	141
圖 6.8 廣播音箱元件模型.....	141
圖 6.9 偵煙式感應器.....	142
圖 6.10 緊急照明燈.....	142
圖 6.11 避難方向指示燈.....	143
圖 6.12 灑水系統設置步驟.....	144
圖 6.13 灑水系統展示.....	144

圖 6.14 直覺式呈現空間分布示意圖.....	145
圖 6.15 前置作業動線規劃示意圖.....	146
圖 6.16 案例系統操作流程圖-1	147
圖 6.17 案例系統操作流程圖-2	147
圖 6.18 案例系統操作流程圖-3	148
圖 6.19 案例系統操作流程圖-4	149
圖 6.20 案例系統操作流程圖-5	150
圖 6.21 案例系統操作流程圖-6	151
圖 6.22 案例系統操作流程圖-7	152
圖 6.23 案例系統操作流程圖-8	152

摘要

關鍵詞：建築資訊模型、Building Information Modeling、BIM、消防設備檢修、資訊管理系統

一、研究緣起

面對日趨複雜的建築物機能及使用狀況，致使對消防安全設備的依賴性逐漸提高。然而現行的設備檢修申報作業方式，建築物管理權人需取得檢修報告書後方能得知消防安全設備之使用狀況，無法有效主動管理建物內的設備財產；而設備檢查人員進行檢修作業時，因消防安全設備種類及數量繁多，檢查人員必須攜帶相關消防安全設備文件，查詢設備的位置及相關資訊方能進行檢修作業，造成檢修員在作業上有所不便。此外，現行檢修作業多以紙本紀錄檢修內容，無法有系統的掌握設備檢修進度，亦可能因人為疏忽導致遺漏需檢修之設備，降低了維護管理作業效率；透過紙本方式保存消防安全設備檢修管理記錄，亦常使得資料的保存、傳遞以及查閱不易，且大型社區、辦公建築或是大型公共建築物內之消防安全設備的重複性相當高，使得建築物管理權人或檢修人員於設備檢修管理作業記錄時，常有相同資訊必須重複填寫的情況發生，造成作業上之不便，甚至使得設備維護管理作業之效率無法突破。有鑑於此，本研究提出將建築資訊模型（Building Information Modeling, BIM）概念應用至消防安全設備管理及檢修作業中。目前 BIM 較多應用於建築物興建或修繕之設計、施工等階段，藉由其優越的參數化設計、資訊傳遞以及各項模擬分析功能大幅改善了營建工程專案進行時可能遭遇之各項問題，並提升了建築工程之設計品質及施工水準，然而，對於建築物生命週期中，卻鮮少見其應用於建築物的維護管理階段。綜觀上述所言，故本研究希望藉由 BIM 的概念，利用建物營運階段前所建構的建築物 BIM 模型，提出消防安全設備管理之應用模式，使設備管理或檢修作業透過 BIM 的 3D 立體模型提供直覺化、視覺化地方式，讓使用者了解各項維護管理作業之進度以及作業情況，以提升設備維護管理之作業品質及效率。

二、研究方法及過程

透過文獻探討了解消防安全設備檢修作業及 BIM 之概念與應用現況，協助

研究的聚焦。並更新 BIM 的概念技術與知識，將最新以及最適當的技術導入於消防安全設備檢修管理機制中；透過專家訪談的方式，將 BIM 概念解釋予專家瞭解，經由與專家討論的過程，希望經由專家對於消防設備檢修流程的瞭解與專業知識及 BIM 軟體開發，給予本研究部分將 BIM 應用於建築物消防安全設備管理之建議，修正本研究所提出的應用流程，將本研究的導入流程更加的能夠解決現況的問題，改善目前的維護方式，提升其工作效率，促進消防產業的進步；將收集之文獻以及專家訪談等相關資料與記錄，透過系統化的思考與分析工具，擬訂出對於 BIM 應用於消防安全設備管理的運作機制流程與系統。本研究計畫接近完成階段時，邀請產官學各界對於消防設備檢修管理有研究之前輩，以及與更多實務界的朋友交換意見。由他們豐富的經驗所提出的建議，可提供本研究更多元的思考方向，讓本研究的內容更加的完整，才能夠提出真正符合產官學各界需求的研究成果。

三、重要發現

本研究召開專家座談會與訪談消防設備師(士)與消防局相關專家，擬定 BIM 於消防安全檢修之應用模式，依據作業現況流程與專家建議，將檢修模式訂定為三階段，分別為準備階段、執行階段與內業階段。於準備階段時，BIM-based 消防安全檢修系統可提供管理權人將 BIM 模型資訊更新於資料庫，並使檢修人員快速地查看與匯出消防設備資料，瞭解設備種類、位置、數量與歷史紀錄等資訊；於檢修階段時，將系統定位於展示檢修設備狀況與紀錄檢修資訊，並區別已檢修設備與未檢修設備，幫助檢修人員與管理權人釐清檢修進度；於內業階段時，系統將自動分析與整理 BIM 模型資訊與檢修資料，自動產出申報時所需檢修報表，提供管理權人進行申報作業。

在 BIM 模型的細緻程度的部分，本研究採用美國建築師協會所定義的細緻程度(Level of Detail, LOD)。消防設備檢修於 BIM 模型之需求為建築物內部的空間分布、動線、設備位置與維護資訊，因此本研究依據該需求規劃 BIM 模型建置的細緻程度；結構體(柱、樑、版、牆)與建築裝修(門、窗、樓梯、隔間、天花)僅需至 LOD200 的程度；而機電部分僅需考慮消防系統，消防設備在 BIM 模型中的外觀並非檢修作業之需求，因此將消防設備的視覺外觀細緻程度規劃為 LOD300，而元件參數規劃為 LOD500，使消防設備元件能夠提供正確的設備位置與檢修資訊需求。

最後透過實際案例導入，實測本研究所開發之 BIM-based 消防安全設備檢修系統。測試結果顯示，本研究所提出的應用模式可有效地利用 BIM 之特性，協助管理權人與檢修人員透過 BIM 模型進行檢修作業，並將整體檢修過程電子化與視覺化；除幫助檢修人員快速記錄檢修內容與處置措施，並使管理權人透過顏色快速識別各設備的檢修狀況，最後由系統自動化的統計與分析檢修結果，產出申報所需的檢修報表，提升整體檢修作業的效率與品質。

四、主要建議事項

本研究透過文獻蒐集、專家訪談等結果，提出以下具體建議。以下分別從短期建議及中長期性建議加以列舉。

建議一

立即可行建議—制定 BIM 模型建置標準與開發自動審照系統

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、縣市政府建管單位

本研究主要探討 BIM 在建築物生命週期中的營運階段之應用，並未詳細探討規劃設計階段之內容。建議後續研究可依據本研究所確立的資訊需求為基礎，探討 BIM 模型在建置時，如何將資料架構標準化，使模型完成時可交由政府做進一步的利用，例如建照、使照的審查。並且應著手推動開發 BIM 自動審照系統，並制定相關 BIM 模型建置標準規範，對於台灣在 BIM 的發展將能夠產生重大突破。

建議二

中長期建議—整合各建築物 BIM 模型於消防監控系統

主辦機關：內政部消防署

協辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所、縣市政府建管單位

當 BIM 模型具有標準規範可遵循時，應透過法規的制定，要求各新建建物提供具有標準格式之 BIM 模型，並進一步整合於消防署的相關監控系統與檢修申報系統。平日時，可於整合系統中自動分析並呈現需改善的建物與位置平面圖，使消防機構(消防局)可有系統地進行抽查或複查；當災害發生時，可快速調出相關資料讓救災人員清楚所需相關資料，調派適合的車輛，而不單只有執照圖可參考。

Abstract

Keywords: Building Information Modeling, BIM, Fire Equipment Maintenance, Information Management System

Background of the Study

The reliability of fire equipment in the current buildings is permanent because of the complexity and usability. The conditions of fire equipment are usually available after administrator get reports. Therefore, it is very inconvenient for managers to handle the whole progress of all related fire equipment. However current check procedure is based on paper recording, it is uneasy not only handle check schedule well but also ignore or forget whether equipment has been checked or not. Current implementation of BIM is focus on design and construction phase based on the literature review. The main advantages of BIM include parameter design, consistency of data transfer, and 3D-based simulations. It is useful to enhance maintenance management using the BIM. Furthermore, it is difficulty and inefficient to update and review maintenance information using paper-based record. In order to improve the above problems, this study proposes novel approach and system to enhance maintenance work for fire equipment using BIM during the operation phase. Finally, this study proposed novel BIM-based models and system for fire equipment management.

Methodology

All related BIM applications and practices in fire equipment maintenance will be studied based on literature review. The BIM-related information will be collected for the strategy research. The appropriate process and mechanism is discussed and analyzed for fire equipment maintenance work using BIM approach. Furthermore, BIM-based fire equipment maintenance system will be developed based the BIM-based process and mechanism. All the advices and suggestion provided by fire protection expert and BIM consultants are discussed for further improvement. Finally, the BIM-based fire equipment maintenance system will be applied in a real case to

understand practicability of proposed system. Then the system will be modified based the real case test and feedback. While the system and mechanisms are completed, the proposed system can be modified and developed based on different requirements regarding to the industry, education and government.

Summary

The BIM-based models for fire equipment maintenance are developed based on expert and related maintainers. In accordance with current status of maintenance procedure and expert suggestions, this study proposed three-stage maintenance model, preparation stage, operation stage, and analysis stage. In the preparation stage, the administrator of building can update the information in BIM model to the external database, and the maintainer can search and export the data of fire equipment to know the type, location, quantity and maintenance history of equipment quickly using system. In operation stage, proposed system can not only record maintenance information and visualize maintenance results, and also help the administrator and the maintainer to understand the maintenance progress. In analysis stage, the maintainer can calculate and analyze the maintenance result automatically integrated with BIM model, and then export the maintenance report. The requirements of fire equipment in BIM include layout, facilities circulation, location and maintenance information. The LOD was planned according to these requirements, structures (such as columns, beams, slabs, walls) and architecture (such as doors, windows, stairs, ceilings) for LOD 200, fire equipment for LOD 300, and parameters of component for LOD 500. Therefore, each LOD of BIM in the fire equipment maintenance will be different based on the different requirements.

Finally, the BIM-based fire equipment maintenance system in the study is developed and applied in the real building project. The result shows that the BIM models can assist administrators to check maintenance works in the visualization environment. It is not only to improve convenience on data record for maintenance but also provide the condition of fire equipment effectively. The system eventually exports reports automatically to improve the quality and efficiency regarding to the maintenance work.

Suggestions

For the immediate strategies:

Although the BIM applications include many advantages for fire equipment maintenance. It is very difficult to develop BIM models for maintenance administration or department during the operation phase. One of main reasons is that it usually takes time and cost consuming for develop LOD 500 BIM models for maintenance administration or department. The main advantages of BIM include single model and complete building digital information, it helps staff to analyze, simulate, and manage fire-related equipment maintenance work. The recommendation of immediate strategies for BIM is that all BIM models should be developed in the design or construction phase and applied for maintenance in the operation phase. Furthermore, the development of BIM standard should be considered for BIM implementation in Taiwan.

For the long-term strategies:

In the future, the rules of building BIM model is established and associated laws are existed. After all the new building equipped with BIM models, the fire protection concerned monitored control system and maintenance system will be developed and integrated with the BIM model. The BIM-based system can be analyzed and illustrated all the buildings and positions automatically in the 3D environment. While fire accidents happens, disaster staff can take all the information they need quickly, even sending appropriate related information, instead of just show 2D shop drawings for reference.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

近年來科技發展迅速、消防安全的重視及生活品質的提升，大樓機電設備及消防設備的管理和定期維護保養儼然成為保障社區住戶與生命財產安全最密不可分的重點。但消防安全設備不似建築物內日常使用之昇降設備、空調設備、給水、供電設備等，倘若發生故障，不易被發現，易造成潛在危險。面對日趨複雜的建築物機能及使用狀況，致使對消防安全設備的依賴性逐漸提高，為了應付日趨多元化的社會，消防法於民國八十四年八月進行修正，修正之重點為增加消防專業技術人員制度、消防安全設備定期檢修申報制度等措施之推行[102]。因此，消防安全設備管理為建築物防火安全上不可或缺的重要作業，目前消防安全設備檢修員進行檢修作業時，其檢修項目總類繁多且消防管線錯綜複雜，檢查員必須攜帶許多消防安全設備文件查詢設備的位置、管線配置及相關資訊方能進行檢修作業，造成檢修員在作業上有所不便。且檢修員藉由紙本記錄檢修結果後，尚須將紙本文件轉化為電子文件並撰寫檢修報告書，管理權人透過檢修報告方能得知消防安全設備維護狀況，無法有效主動管理其場所的設備資產。在此作業方式下，不但使整體消防安全設備檢修作業相當耗時外，亦造成檢修效率無法突破。如何運用適當的科技，改善現行消防安全設備定期檢修之效率，讓消防設備急要時發揮功效，進而提升效率與品質，便成了現代化消防管理不得不面對的課題。

建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 是近幾年被提出來的新概念，其中的「建築資訊」包含建築空間的設計與營建作業，而「模型」意指著過程的描述、建築工作的模擬，因此 BIM 可稱為一套描述建築建造生命週期過程的資訊模型，可因應多元及多變性的技術研發，包含了數位建築模型的建構、整體專案的建模、專案生命週期管理、企圖更完整的描述建築物建造過程中的各種作業狀況，以利工程人員能視覺化的進行工程規劃、設計及應用於整個建築物生命週期[2]。有鑑於此，本研究將 BIM 概念應用至消防安全設備管理及檢修作業，利用建物營運階段前所建構的 BIM 模型，協助管理權人及檢修人員進行消防設備管理或檢修作業，透過 BIM 的 3D 立體模型提供直覺化、視覺化地了解各維護管理作業之進度以及作業情況，以提升設備管理之作業品質及效率。

第二節 研究目的

本研究的主旨在於應用新興的 BIM 概念於消防安全設備管理上，協助建築物管理權人及檢修人員於消防設備檢修作業。對於建築物管理權人而言，將已建置完成之 BIM 模型應用於消防設備檢修工作，紀錄檢修結果並系統化及視覺化的呈現，不僅提高自主管理之簡易性，亦增加了 BIM 模型所帶來之效益，確保建築物消防設備之功能。若更換消防設備檢修單位，在承接建築物時就可以隨即獲得先前消防設備檢修單位所做的檢修記錄，除了方便作業進行亦可釐清問題歸屬；對檢修人員而言，藉由業主提供的 BIM 模型，可有效減少消防安全設備檢修準備作業程序(如取得消防設備平面位置圖、消防設備數量統計等)，並在建築物視覺化的呈現下，清楚地瞭解建築物室內配置及消防安全設備位置。本研究為使 BIM 模型能夠貼切地達到檢修作業之需求，故將針對消防設備檢修之特性，規劃 BIM-based 消防安全設備管理系統雛形，協助檢修人員可直接將維護狀況寫入相關設備模型中，由系統自動彙整檢修資料並列出報表，簡化原有的檢修後內業工作。為有系統完成上述目的，將本研究主要研究目的歸納如下：

1. 蒐集國內外相關 BIM 應用案例情形及未來趨勢；
2. 提出 BIM 於消防安全設備管理之應用模式；
3. 建立消防安全設備之 BIM 元件所需參數；
4. 建置建築資訊模型之消防安全設備管理系統雛形。

第三節 研究範圍

BIM 概念涵蓋建築物全生命週期，從規劃設計階段到營運維護階段皆採用單一模型設計及分析，故本研究主要以具有 BIM 概念之建築物為基礎，亦即在規劃設計或施工階段時，已將 BIM 模型建置完成之建築物，進行消防安全管理之應用。消防安全管理所牽涉的層面與參與角色繁多，主要可分為防火避難設施及消防安全設備兩大層面，而消防安全在建築物生命週期中，大致可分為規劃、設置、施工、完工、檢查管理等五大階段；參與角色大致可分為建築物管理權人、建築師、消防設備師(士)及審查單位。本研究之研究範圍主要探討消防安全設備申報檢修，以現行檢修申報制度且不改變主管機關審查之流程為基礎，針對建築

物管理權人及消防設備師(士)為對象，規劃 BIM 於消防設備檢修之應用模式，圖 1.1 為本研究之研究範圍、研究對象及所應用之 BIM 模型示意圖。本研究主要針對檢修申報之消防安全設備為研究對象，從中選擇對於導入 BIM 具有指標性價值的消防設備，探討其導入 BIM 於設施維護管理之應用模式。除以上研究範圍外，本研究假設 BIM 模型與實體建築物之室內配置相符，當室內配置進行變更時，管理權人將依據實際狀況重新更改 BIM 模型，使消防設備師(士)取得正確無誤之 BIM 模型。

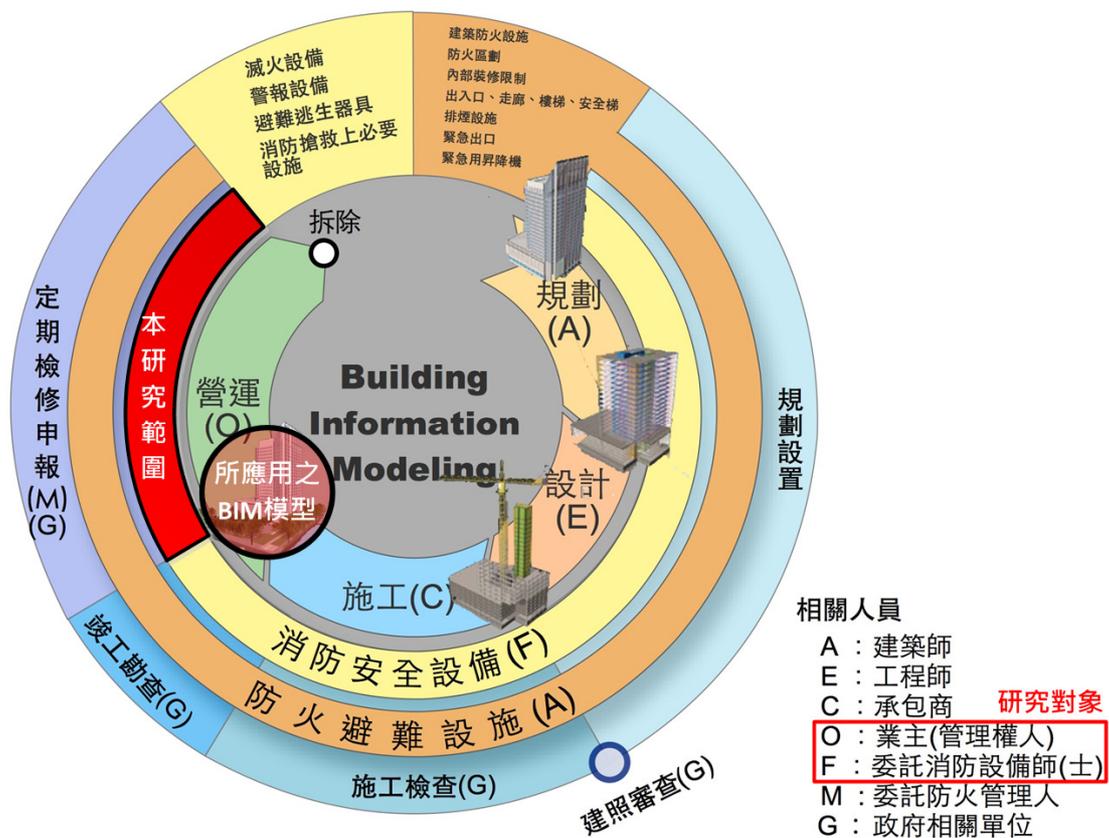


圖 1.1 研究範圍示意圖

(資料來源：本研究繪製)

第四節 研究方法與流程

茲將本研究之工作項目概分為下列五大項，計畫流程詳如圖 1.2 所示：

1. 資料調查蒐集

透過文獻探討了解消防安全設備管理和定期維護保養的運作流程及 BIM 之概念與應用現況。透過資料收集瞭解現存資訊，協助研究的聚焦。並更新 BIM 的概念技術與知識，以其將最新以及最適當的技術導入於消防安全設備檢修管理機制中。

2. 專家訪談

透過專家訪談的方式，將 BIM 概念解釋予專家瞭解，經由與專家討論的過程，希望經由專家對於消防設施維護流程的瞭解與專業知識及 BIM 軟體開發，給予本研究部分將 BIM 應用於建築物消防安全設備管理之建議，修正本研究所提出的應用流程，將本研究的導入流程更加的能夠解決現況的問題，改善目前的維護方式，提升其工作效率，促進消防產業的進步。

3. 資料整理與分析

將收集之文獻以及專家訪談等相關資料與記錄，透過系統化的思考與分析工具，擬訂出對於 BIM 應用於消防安全設備管理的運作機制流程。

4. 舉辦專家座談會

本研究計畫接近完成階段時，透過舉辦專家座談會的方式，可邀請產官學各界對於消防設施維護管理有研究之前輩，以及與更多實務界的朋友交換意見。由他們豐富的經驗所提出的建議，可提供本研究更多元的思考方向，讓本研究的內容更加的完整，才能夠提出真正符合產官學各界需求的研究成果。

5. 需求分析與系統雛形建構

根據擬定出的「BIM 於消防設備檢修之應用模式」，分析建築物對於消防設備檢修流程所需求之資訊及功能，建立 BIM-based 消防安全設備管理系統雛形。

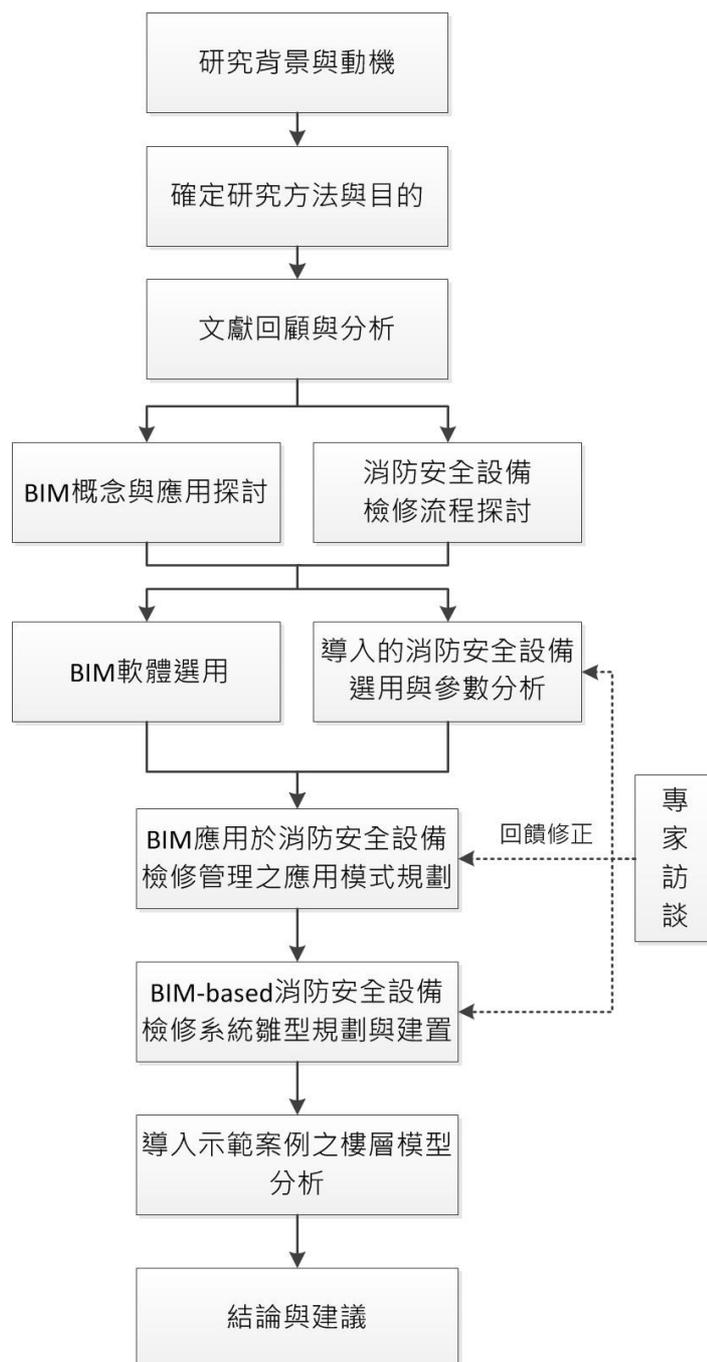


圖 1.2 研究流程圖

(資料來源：本研究繪製)

第二章 文獻回顧

第一節 BIM 介紹

一、BIM 定義

BIM 為「Building Information Modeling」之英文縮寫，中文代表「建築資訊模型」，建築資訊模型為近年國內外營建產業之趨勢。BIM 並非一種軟體，而是指利用新世代設計軟體工具與解決方案的一種技術與策略[61]。其指含有建築資訊之虛擬 3D 模型，不僅包含建築物本身之資訊，也包括整合與建築相關之連結資訊與建築營建施工之生命週期相關的資訊，且可連結至專案規劃設計、施工、營運以及維護至建物拆除之資訊(如圖 2.1 所示)，例如像是材料數量、地理資訊、能量係數等。而 BIM 提供了一個無法取代的平台，對於以往圖面上之點、線、面給與性質[61]，確保團隊所有人員以有系統之結構方式共用專案資訊，強化專案工作之過程，且其完整建築資訊資料，擴充、提升工程圖說對工程資訊上之解析能力，利用 BIM 之模型可以改善以往須交付堆積如山的圖紙文件，因為 BIM 包含管理和營運建物所需之全部資訊[76]。

而 BIM 的應用主要是透過 3D 視覺化方式呈現給所有的工程參與者，並且將 BIM 模型於虛擬環境模擬營建工程專案之生命週期，也包括與時間(4D)、成本(5D)、建物功能(6D)等 [1]。而 BIM 特色如下：(1) 單一建築模型；(2) 構件參數式設計；(3) 具雙向關聯；(4) 整合式相關資訊；(5) 豐富的附加功能，如：模擬日照及各種相關分析；(6) 實現資訊共享及協同作業[62]，利用以上 BIM 之特色可提升工程效率與品質，這些是以往 2D 圖面為主的 CAD 技術很難達成的層面。



圖 2.1 BIM 生命週期資訊串聯示意圖

(資料來源：[2])

二、BIM 起源

在傳統營建工程之生命週期中，建築圖說是營建工程中最基本也是核心的資訊，從規劃設計、施工、完工驗收都必須仰賴大量的圖說了解工程狀況[3]，利用圖說表達工程設計理念與架構，幫助各方進行協調與溝通，已達溝通與協調之目的。早在聖彼得大教堂及巴黎聖母院的建造時，建築師就已經利用 2D 圖畫視覺化的觀念建立與實物大小的模型，供設計及施工參考。時至近日，建築圖說製作與應用之流程，仍無顯著差異[63]。今日之營建工程業界大部分將以往人工繪圖工作移轉至 2D 電腦輔助繪圖軟體上，然而雖然減少人力繪圖之不便，但以 2D 視圖來傳達設計者之構想，通常會因圖說過於簡化而導致資訊傳達錯誤或是猜測，而產生錯誤之判斷，此外若不是此專業領域之人員，較難理解與明白 2D 平面視圖真實內容與意義[4]，需花費許多時間讓各工程單位之相關人員完全了解大量圖說內容的說明，因為不同的團隊對於圖檔通常有不同之解讀，專案執行之過程中資訊傳遞不足，再因建築、結構、機電三個建物重要的領域都是以獨立的工具進行設計，容易造成資訊之衝突、資訊傳遞之逆流與斷層(如圖 2.2 所示)[63]。以上各種不便除了各工程單位對於設計概念以及認知有誤，產生設計變更以及損失，最直接影響的就是營建成本的增加以及時間的延遲。因此近年來提

出以建置 BIM 來代替一般 CAD 製圖方式，BIM 之模型以 3D 視覺化呈現，透過 BIM 模型可產出完整詳細的設計圖說，可使各種不同工種以及非相關領域之專業人員清楚了解圖說內容，幫助施工作業可順利進行並且縮短時程以及節省營建成本。若 BIM 少了資訊 (Information)，為純 3D 模型只可侷限於外觀呈現與方便瀏覽，無法及時對設計變更修改，此模型不具任何建築相關資訊，無法對資訊傳遞交流與整合[3]。

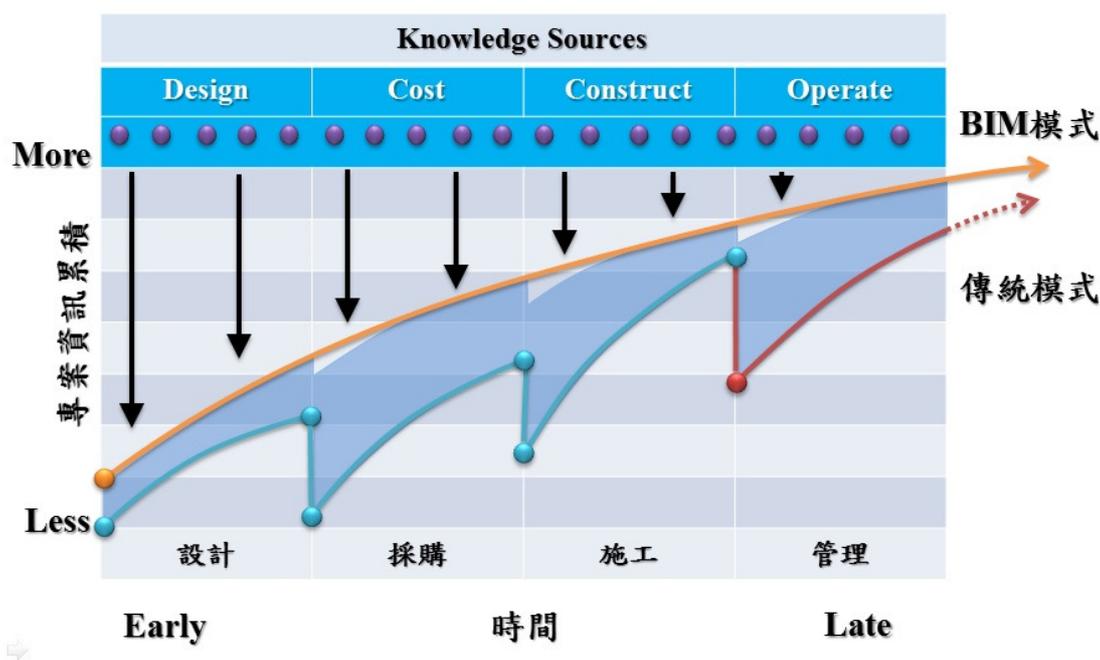


圖 2.2 專案資訊衝突斷層與逆流之示意圖

(資料來源：[101])

BIM 建築資訊模型發展於 1960 年代之後期，1963 年開啟電腦輔助視圖之首頁，此時期模型不具備任何資訊，只是方便瀏覽，此為 3D 模型的初始概念，而建築資訊模型的概念也有了開端，並於 1969 年提出第一個標示語言產生，可產生任意的資料結構[63]。在 1987 年由 Graphisoft 公司提出 BIM 之概念，並由 Jerry Laiserin 利用 Autodesk、Bentley System 以及 Graphisoft 所提供之技術推廣於市場中。而後至 1999 年期間多以 2D 繪圖軟體為發展主軸。

但由於 3D 模型只可侷限在建物之外觀呈現，所以業界也不斷努力發展突破將模型資訊化，於 2000 年時，此時期發展之重點在於給予建物之構件「物件定義」，使圖面上不再只是幾何圖形而是具有「屬性」之建築物元件。業界導入「物件導向技術」後，3D 建模亦可同時完成平面視圖，且建物之物件具有雙向連動

之功能，意旨當 3D 模型變更修改時，2D 平面圖也隨之變更修改[3](如圖 2.3 所示)。



圖 2.3 3D 建築模型與 2D 平面圖轉換示意圖

(資料來源：[75])

而現今隨著時代之進步，建築工程之規模逐漸增大，而附加於建築的資訊也日益龐大，只有在設計階段才資訊化建置模型是不足的。故產業將建置資訊模型廣泛的應用於建築生命週期，如此獲得高品質、準確、集中與整合的建築資訊，以節省工程之成本以及縮短工期，對於 BIM 營建生命週期在各階段應用如下表 2.1 所示。其後 BIM 也發展出許多如 4D(3D+時間)、5D(3D+時間+成本、6D(3D+時間+成本+功能)之建築資訊，並就軟體也開發出許多附加功能，如根據其模型建置之參數係數，模擬真實的行為像是模擬建築物的結構應力分佈、構材傳熱狀況等，且因工程日益增大，也需要許多人員共同建置模型，軟體也就此發展出協同作業之功能，許多人共同使用建置同一模型，且設計、建造、管理的數值化應用方式，營建工程之集中化管理環境，使建築資訊模型具備數位化模型和行為模型之複合結構[3][4]。

表 2.1 BIM 於營建管理生命週期之應用

階段	應用內容
規劃階段	<ol style="list-style-type: none"> 1. BIM 3D 模型及影像能提供視覺化之效果，使業主及設計者間溝通較易表達各方所需，方便後續之設計，並可替業主提供專案行銷之使用。 2. 模型綜合其成本資訊形成 5D 模型，達到進行成本計算，使業主了解狀況，方便討論。
設計階段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能量分析：提供專案之能量消耗分析、替代材料及設計方法評估。 2. 衝突分析：將構件做衝突分析可提早發現構件設計錯誤。 3. 可施工性分析：將施工流程及環境狀況做分析。 4. 專案進度排程：可發展出 4D 模型，模擬施工順序。 5. 專案成本計算：將建置出之模型結合成本資料庫，使能概算成本。
施工階段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 BIM 所建置出模型可對於施工前進行施工模擬，並且可協助施工流程的管理，以及掌控計價作業。 2. 利用 BIM 所建置出之模型可取代 2D 傳統施工圖作為溝通、解決協調事項以及規劃施工順序、檢視有無錯誤設計之工具。
營運與維護階段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 營運管控：BIM 模型之構件可提供維護之相關資訊。 2. 流程管控：利用 BIM 之模型控管專案之空調系統、耗能分析、保全系統控制、進出分析、製造流程及儲存分析等。

(資料來源：[1]與本研究更新整理)

圖 2.4 說明建築資訊模型由 2D 平面繪圖技術至今，統整各項建築物細部資料的 3D 繪圖系統模式之發展流程。

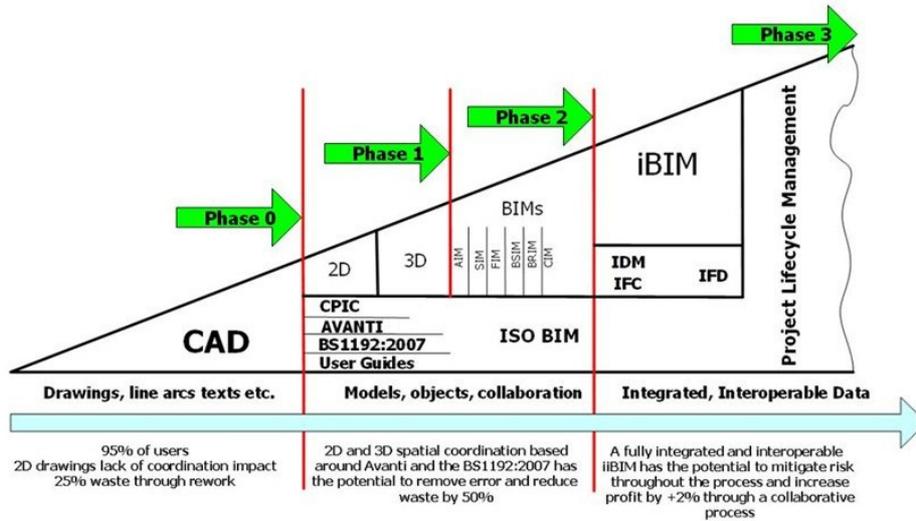


圖 2.4 建築資訊模型發展流程

(資料來源：[49])

三、 BIM 特色

營建工程管理之最重要目標是將原本具有關聯性的工程資訊，卻相互平行，利用資訊流通的方式產生關聯，利用建築資訊模型之技術重新整合，建立完整綜合性的數位化模型資料庫，讓各種建築物相關之資訊統整於一模型，以 BIM 作為整合之平台，如此一來可減少資訊重複建置以及資訊斷層之問題(如圖 2.5 所示)。

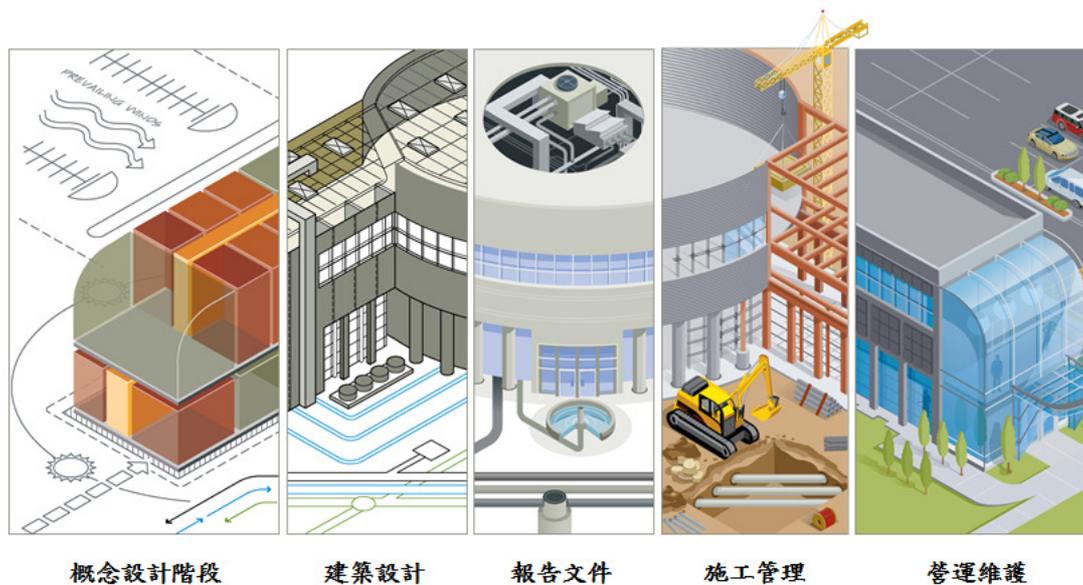


圖 2.5 使用 BIM 整合工程專案各階段示意圖

(資料來源：[100])

建築資訊模型也必須仰賴最新的資訊技術，有效地處理龐大的圖說與文件資訊，且需要有標準化之配套措施，與業界達到共同之目標，將 BIM 導入於建物生命週期最初之規劃設計階段，透過電腦資訊網路之技術與資料庫共享資訊，使生命週期之各相關人員可發揮其專業能力，利用整合所有資訊與能力減少營建工程成本以及增加工程品質與工作之效率。建築資訊模型之特性主要包括以下兩點 [4]：

1. 在三維空間中建立單一與數值化的建築資訊模型，而建築物相關資訊皆出自於該模型中，建立其資料庫將資訊以數值方式輸入其中，使方便更新和共享。
2. 設計 BIM 參數時，建立實質及一致的關聯性，當需在參數上的做任何更改時，便可透過參數即時反應出來，大幅減少工程資訊在製與交換之界面問題，達到工程增加效益功用。

對於 BIM 之實現還是需要軟體之輔助，但建置 BIM 模型與傳統 CAD 製圖軟體是有很大的不同，BIM 建模不只是編輯修改操作線段舉行與幾何圖形，而是放置一道牆、一扇門等具有參數位置之元件。BIM 軟體透過參數關聯的技術在 3D 空間建立模型，利用「數值化」以及「參數式設計」作為主要概念，可以不間斷且立即的提供專案設計管控、明細表及成本等相關資訊，並藉由關聯性資料庫建立三維建築模型，維持高品質、確實可靠、協調一致的能力。在任何一個圖面上進行修改，馬上可以在相關聯的其他地方反應出來，這樣的聯動更新是互相、即時的 [4]。

以上所示，建築資訊模型特點具有以下技術：(1)單一建築模型(2)參數式設計(3)具雙向關聯(4)整合式相關資訊(5)豐富的附加功能(6)實現資訊共享、協同運作 [62]。

1. 單一建築模型

當建置 BIM 模型時即為設計之成果。對於模型之平面立面剖面以及空間透視曲度效果之畫面以及三維空間模擬動畫，可以依據模型隨意生成，提供設計人員方便瀏覽檢視角度與作業。而因生成之圖說多來自同一建築模型，因此所有圖紙具相互關連性，可避免不同視圖間出現資訊不一致之錯誤 [3]。對於各專業完成之模型可整合成單一模型(如圖 2.6 與圖 2.7 所示)，且利用物件之參數進行相關碰撞衝突檢查以及相關模擬 [76]。

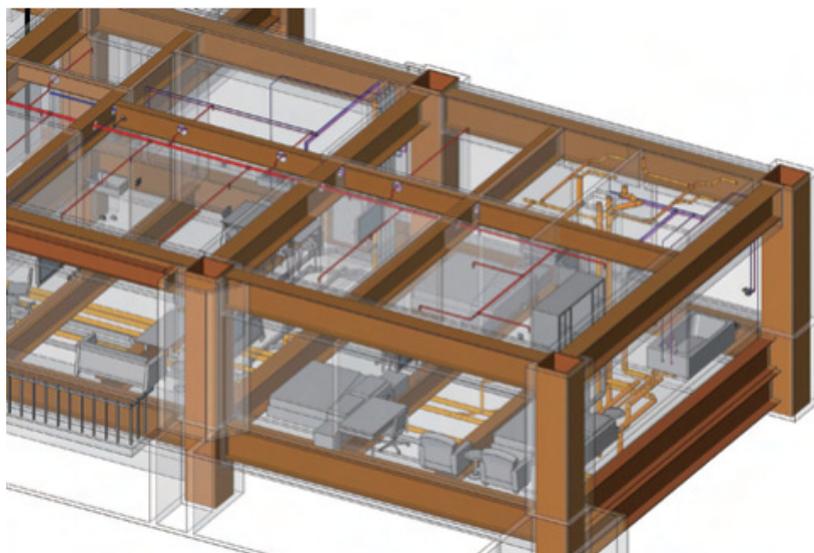


圖 2.6 機電與建築整合之 BIM 模型

(資料來源：[76])

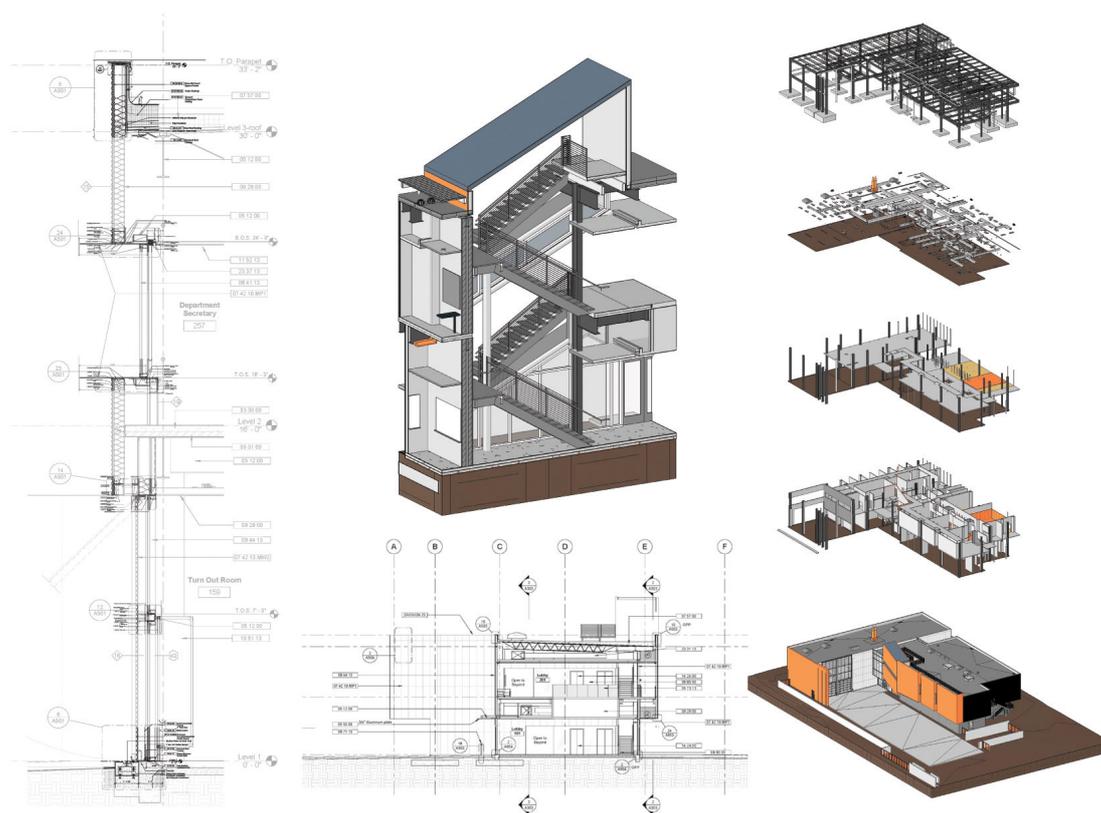


圖 2.7 BIM 模型整合示意圖

(資料來源：[127])

2. 參數式設計

「參數式」一詞指的是模型中所有元件之間的關係，這個關係可讓您運用 BIM 軟體所提供的協調及變更管理功能[105]。這也就代表 BIM 軟體並非單純幾何繪圖軟體，因繪製之內容並非單純點、線、面幾何關係，而是牆面、柱、門與窗之建築物參數式元件，此元件又稱為族群，而於視圖上，將互相關連的建築物件組成的建築物整體。物件相互關係可由軟體自動建立，或由使用者在工作時自行建立。建築資訊模型應用程式的一個基本特性，就是隨時協調變更並維持一致性的功能。使用者無須介入，便能更新草圖或連結，建置採全面參數式設計[106](如圖 2.8 所示)。

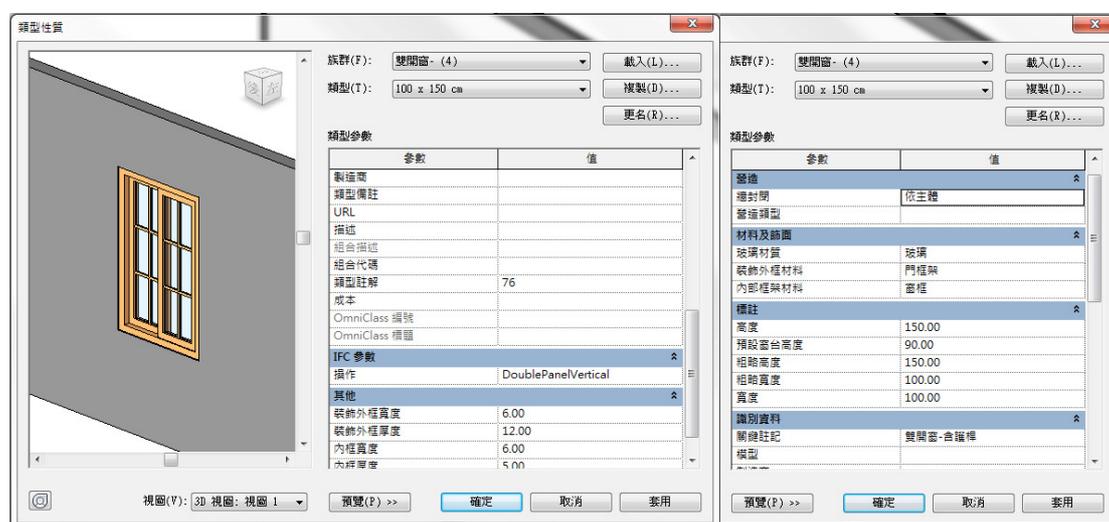


圖 2.8 BIM 物件參數性質表

(資料來源：本研究繪製)

3. 具雙向關聯

BIM 之軟體透過參數關聯技術於三度空間建置模型，在模型中物件彼此間依存在關聯關係上，任何變更都會影響模型，將模型資訊都儲存於協調一致於單一資料庫內。任何資訊修訂與變更都會自動在模型中更新，盡量減少錯誤與疏失。例如將模型中的牆面刪除，則原本建立於牆面上的門和窗亦會連同牆面一併刪除，或是修改模型中的窗戶尺寸，則模型中牆面上的窗戶開口便會隨著修改後的窗戶尺寸進行調整[105](如圖 2.9 所示)。

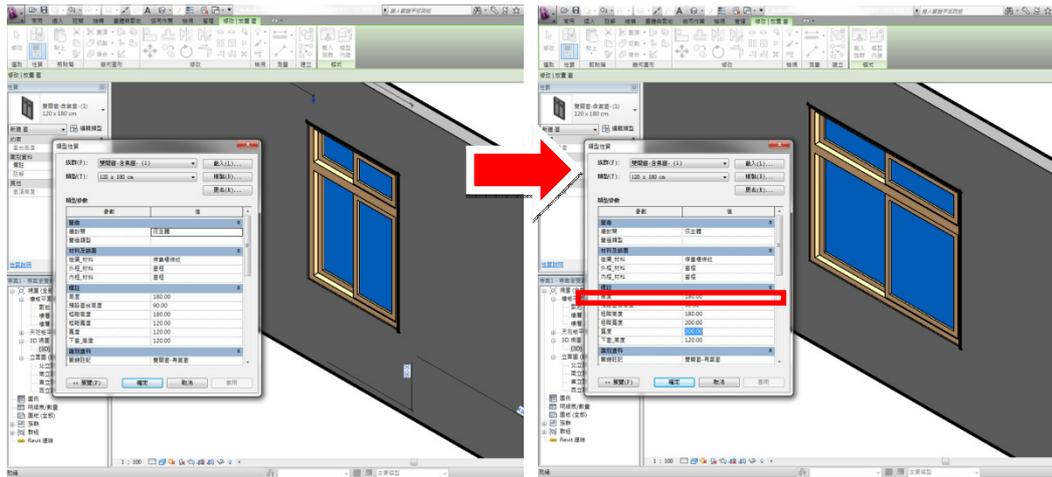


圖 2.9 BIM 雙向運動之示意圖

(資料來源：本研究繪製)

4. 整合式相關資訊

相較於傳統的營建工程專案，資訊的傳遞以及整合不易，常因此造成資訊傳遞不良的情況發生，然而在建築資訊模型中，有關建築工程專案的所有基本物件的相關參數都存放在統一的資料庫中，實現了資訊整合的目標(如圖 2.10 與圖 2.11 所示)。雖然不同軟體的資料庫結構有所不同，但物件的相關參數一般皆可分成兩類，即基本參數和附屬參數，基本參數是模型中物件本身之特徵和屬性的描述。以門構件為例，基本參數包括幾何參數、物理參數及構造參數等項目，附屬參數包括經濟參數、技術參數及其他參數等項目。一般來說，用戶可以根據自己的需要增加必要的參數項目，以描述模型中的構件。由於模型中包含了詳細的資訊，這就是為了進行各種分析(空間分析、體積分析、效果圖分析、結構分析、傳熱分析等)提供了參數。建築資訊模型的結構其實是一個包含有參數模型和行為模型的複合結構，參數模型與幾何圖形及參數有關，行為模型則與管理行為以及圖元件的關聯有關。彼此結合透過關聯參數附與意義，因而可以用於模擬真實世界的行為。實現資訊整合的建築資訊模型，為建築工程整體生命週期的管理提供了有力的支持[4]。

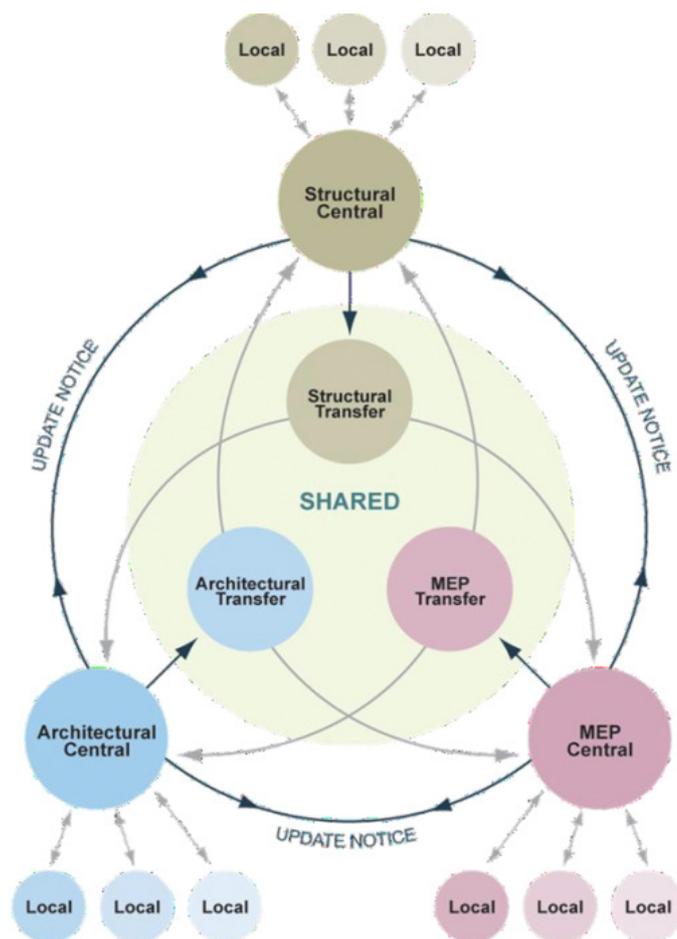


圖 2.10 建築資訊模之資訊整合模式

(資料來源：[99])

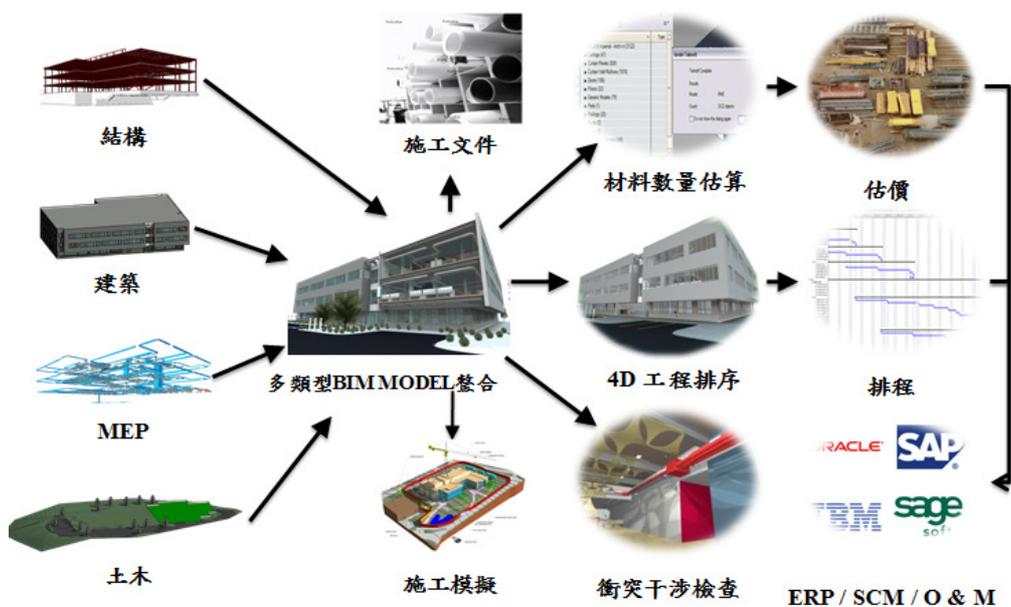


圖 2.11 BIM 整合平台示意圖

(資料來源：[64])

5. 豐富的附加功能

建築資訊模型從規劃設計至營運維護階段所包含的建物詳細資訊豐富，當模型完成時可透過模型同步自動計算估驗數量，並且產生各式相關報表以及2D圖說(如圖2.12所示)，並且產生模型之各種項目之相關表格資料(如圖2.13與圖2.14所示)，利用BIM將工作事項方便化。例如，自動計算估驗配合產出之表格進行專業評估，根據此評估進行申請或是核准計價工作，也可向材料供應商提供產出之採購清單作為採購依據[1]。

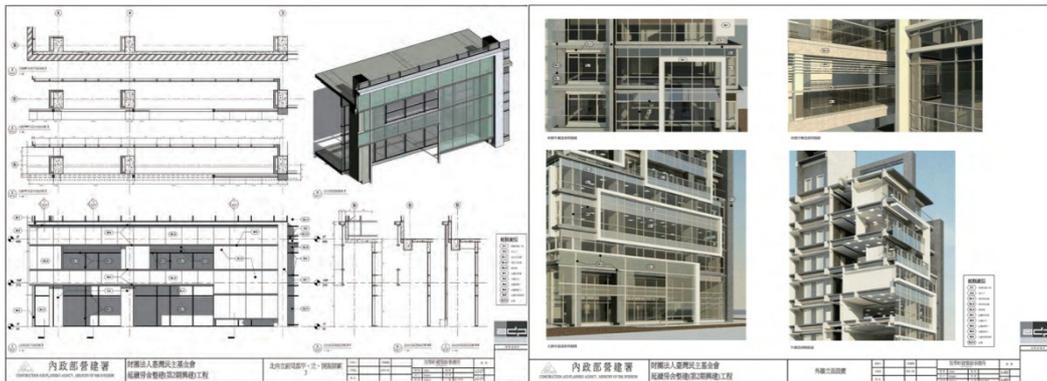


圖 2.12 BIM 之平面圖與 3D 視圖與剖面圖輸出

(資料來源：[76])

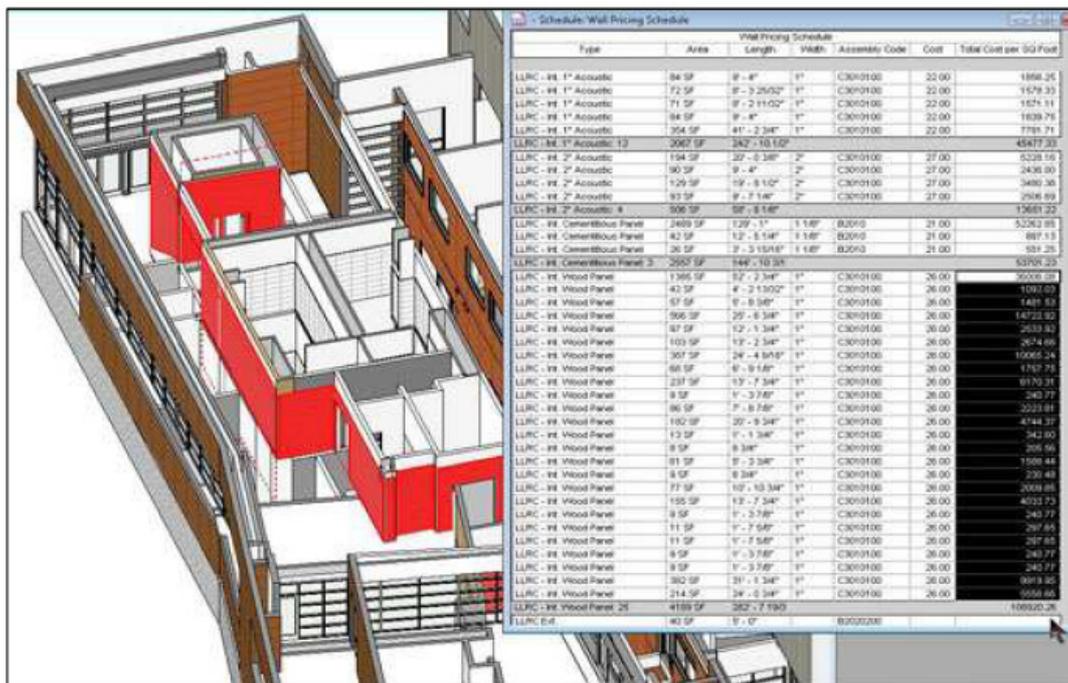


圖 2.13 BIM 表格輸出示意圖

(資料來源：[64])

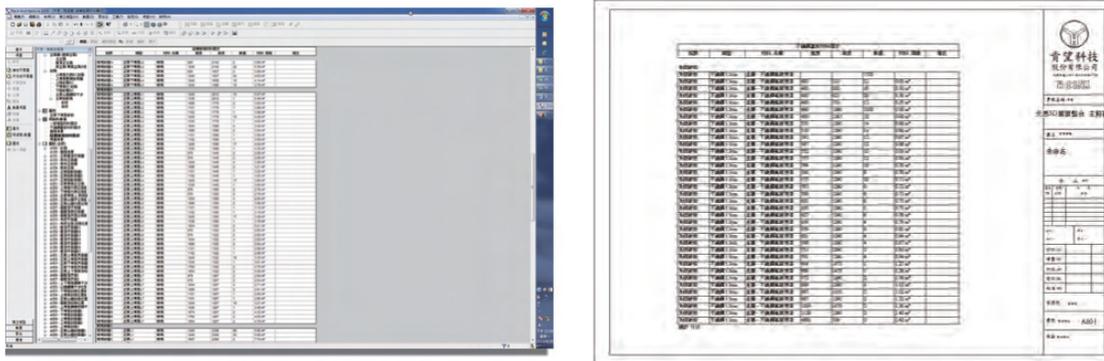


圖 2.14 BIM 數量計算圖說輸出示意圖

(資料來源：[76])

BIM 模型可以提供基本設計之模擬與分析，執行傳統 2D 圖面無法使用之分析功能，主要為能量相關分析、可施工性分析、施工排成、專案成本等，對於各種視覺化分析模擬可分為空間分析、體積分析、效果圖分析、結構分析、日光模擬等，並且也將其他專業做相關的設計分析如結構分析、傳熱分析[1](如圖 2.15 至圖 2.17 所示)。

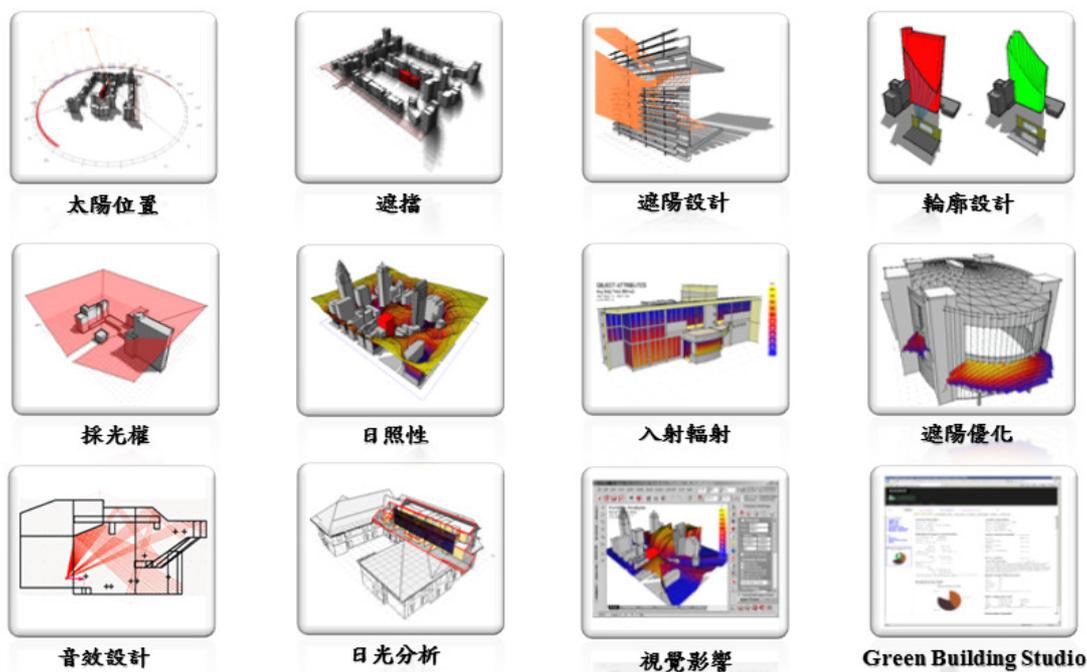


圖 2.15 BIM 應用於效能分析圖

(資料來源：[65])

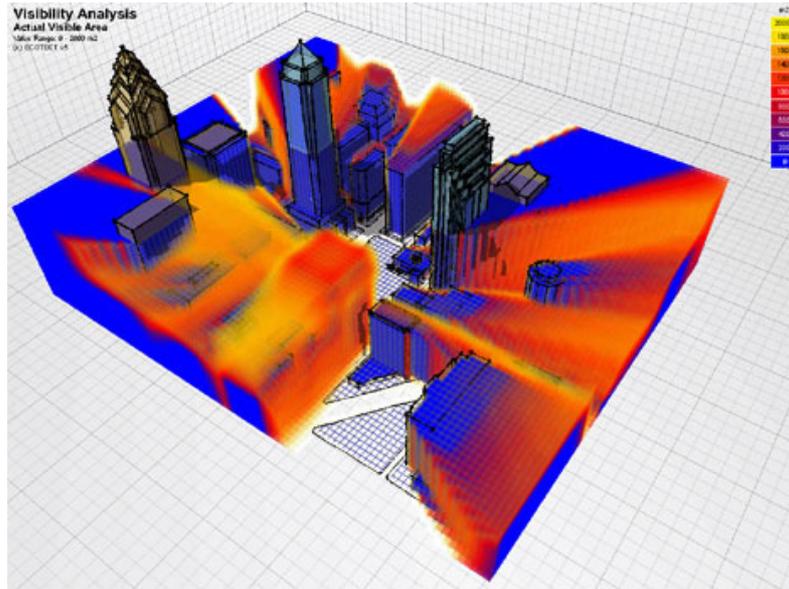


圖 2.16 BIM 應用於建築物能源分析圖

(資料來源：[65])

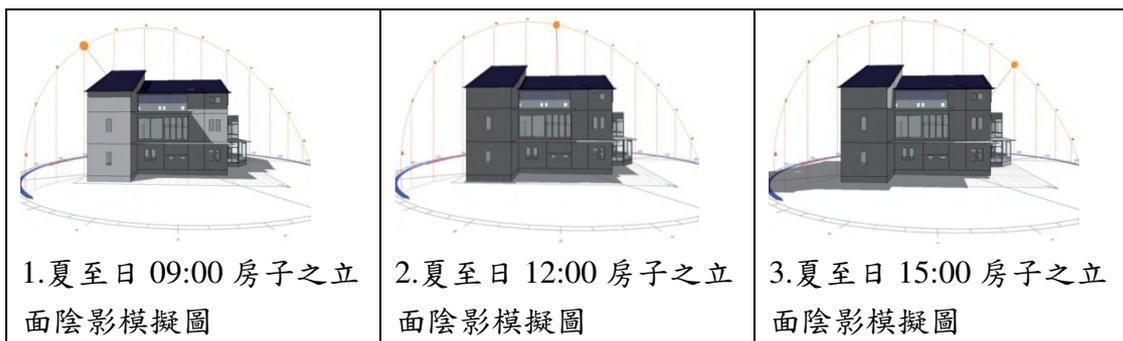


圖 2.17 BIM 之日光模擬示意圖

(資料來源：[76])

6. 實現資訊共享、協同運作

BIM支援XML資料格式，對實現建築設計過程，甚至在整個建築工程生命週期中的電腦協同作業（Computer Supported Cooperative Work）都具有十分重要的意義。有了這項優異的條件，營建工程各階段的相關作業人員就可以利用BIM為核心構件作為協同工作之平台，使身處異地的設計人員都能夠透過網路在同一個建築模型上展示協同設計。同樣地，在整個建築工程的建設過程中，參與工程的不同角色如建築施工工程師、監造工程師、機電工程師、材料供應商等，都可以透過網路以建築資訊模型為基礎，進行協同工作平台上各種協調與溝通(如圖2.18所示)，透過這樣的方式使資訊能即時地傳達到相關工作人員，讓各種資訊得到有效的管理與應用，也保證工程有效順利地進行[4]。

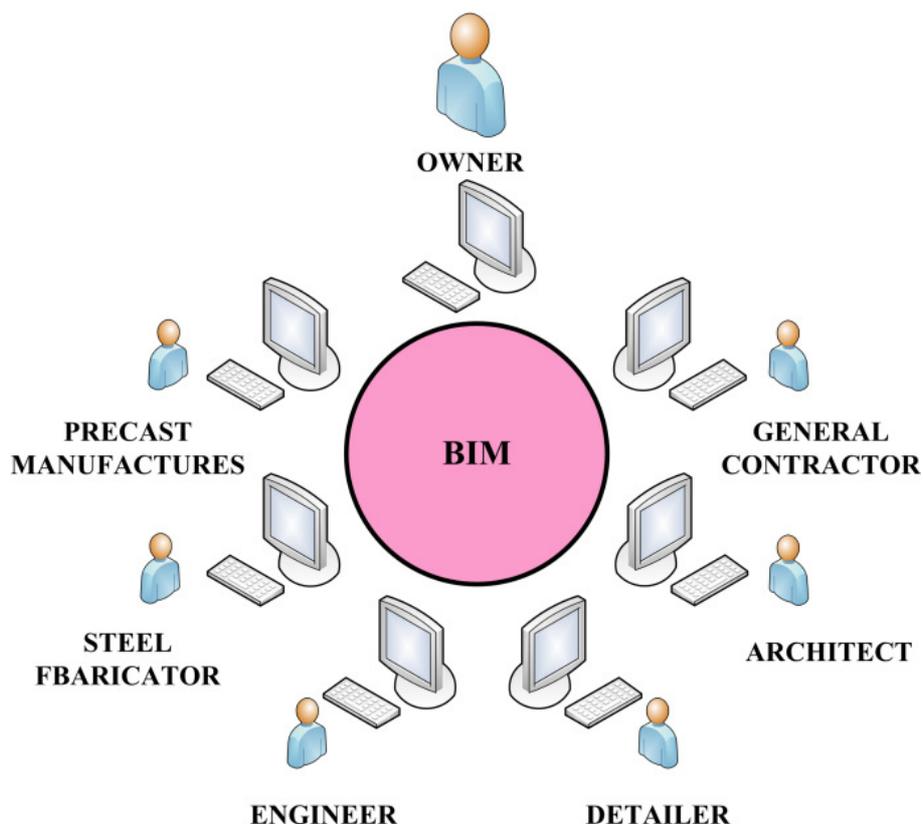


圖 2.18 BIM 協同工作說明圖

(資料來源：本研究繪製)

與過去使用二維 CAD 軟體進行設計之方式比較，建築圖面的繪製過程中，必須仰賴設計人員之經驗整合圖面，若遇到設計變更，即必須重新繪製圖面，致使圖面在整合上極易發生錯誤，面對設計變更時，圖面繪製工作量很大，導致一般建築師無法在建築設計階段專心花費時間和精力去構思建築設計，因為害怕來不及將施工圖繪製完成，此外，也必須擔心後期的調整問題[4]。

然而，在導入 BIM 軟體進行建築設計後，建築師能夠把主要的精力放在最重要的建築設計構思上，只要完成建築設計工作，即可幾乎確定了最後的模型構成，同時可以根據三度空間的建築資訊模型生成各式各樣的建築圖面文件，再利用少許時間即可完成其他細部圖面。而由於 BIM 軟體在設計過程中具備之良好協調協調之特性，因此，在後期需要調整設計的工作量是相對大幅減少的[4]。

BIM結合網際網路可實現資訊共享及可協同工作，對於營建工程生命週期各階段之相關人員，可利用BIM做協同工作之平台，對於身處異地之相關人員可透過網路在同個專案所建置之模型展現協同設計[4]。且以往營建工程中機電工程與土木工程界面問題而導致工程延誤，若以BIM建築資訊模型為基礎，對於施工

疑慮處可有效提出減少土建與機電協調溝通之界面問題，且不止針對土建與機電兩大部分，對於營建工程之建築施工工程師、監造工程師、機電工程師、材料供應商等都可透過網路使用協同工作之平台，進行各種資訊之傳達，使資訊統一且有效管理與應用，消除工程在每個不同階段之不同資訊不同步之缺點，提升資訊之傳遞與橫向之連繫。

四、BIM 資訊交換標準

當專案導入BIM後會發現當資訊必須和其他專案參與人員如原料供應商、下包商等或是各階段介面資訊進行交換整合時，檔案格式不統一的問題。市面上支援BIM軟體種類繁多，各軟體供應商各自發展檔案格式使得不同軟體間檔案無法開啟問題，或是同一家軟體開發商發展許多不同BIM解決方案軟體，軟體達到一定的數量之後，檔案資料之間的相互交換，會使成本以幾何級數的增加[98](如下圖2.19所示)。當軟體進行升級時，軟體數量大造成成本花費過大及因應措施費時。假如只要有一個軟體的資料格式，由於版本升級等原因進行變動，所有其他軟體和該軟體之間相對應的方式，就必須同步進行更新。

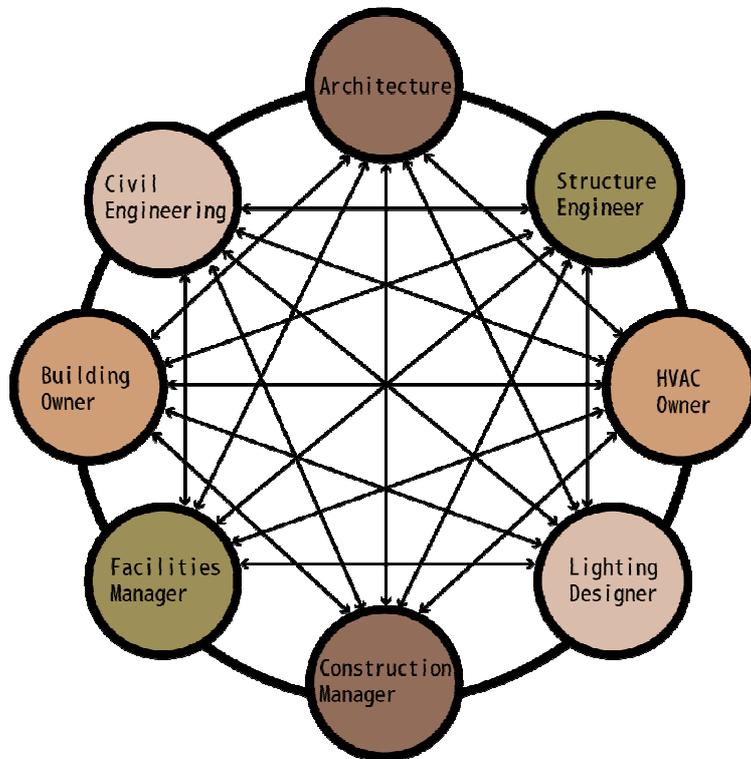


圖 2.19 各軟體間直接進行資訊交換

(資料來源：[98])

- 工業基礎類別 (Industrial Foundation Class, IFC)

現今許多公司也開發出許多BIM軟體，為了解決各種BIM相關軟體間的資訊交換問題，所以需要開發提出一個可以支援各種BIM軟體的資料標準格式，讓BIM軟體之間可透過資料標準格式做互相交換(如圖2.20所示)。當專案各階段使用不同軟體時，需要進行訊息交換時或長期儲存時，兩者的專用數據模型無法直接交換時即就須使用IFC作為檔案交換之標準格式。而BuildingSMART前身國際組織IAI(Industry Alliance for Interoperability)也開發了一套建築資料整合之標準為IFC(Industry Foundation Classes)，IFC為描述建築資訊模型之檔案標準交換格式，其為定義建設專案生命週期各階段之資訊如何提供以及如何儲存，並記錄元件之各種屬性。IFC可以容納幾何、計算、數量、價格等數據，並且可以為建築、結構、機電、地形等專業數據之保留[129]。

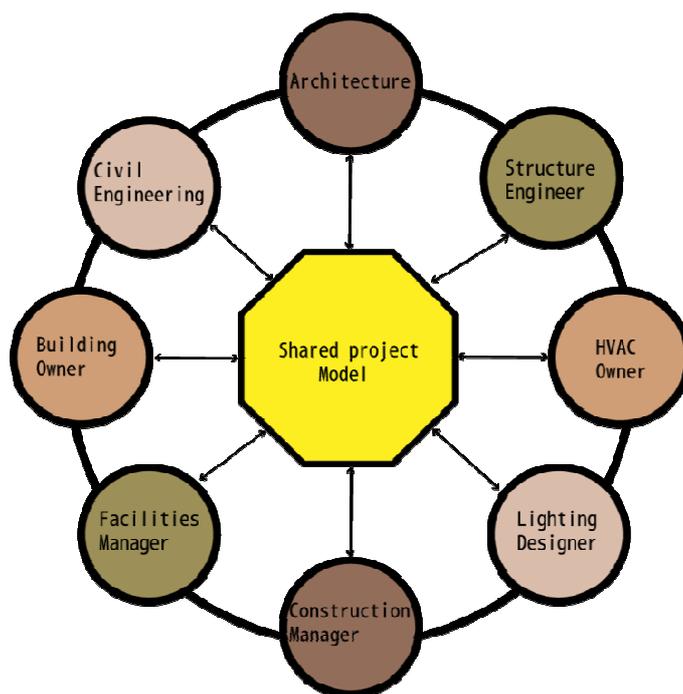


圖 2.20 利用共同支援的標準格式進行資料交換

(資料來源：[98])

- 資訊交付手冊 (Information Delivery Manual, IDM)

設備和建築元件的特點是由許多不同的公司和部門為專案而建立，為解決當專案需要利用不同軟體做資訊之交換，並且提高工作效率需要建立一個

IFC滿足工程專案的參與人員，以及軟體資訊交換。而最重要的是IFC之內容需要包含之項目為何是由IDM來定義，IDM簡單來說其目標為定義營建專案生命週期內需要訊息交換之流程，確認前述流程所需之IFC功能，描述後續流程可以使用該流程執行結果，並且指定流程中傳送接收訊息之角色，然後確定明細和描述作為IDM目標群體並且利用IFC作為檔案之交換[130]。

- 國際字典框架 (International Framework for Dictionaries, IFD)

因全球之語言具多樣性與多義性，一個專案之參與者來自不同國家、地區、不同語言與文化背景，因此需要一種保證每個參與專案之人員所得到的訊息與交換之資訊一致，就必須要給予每個概念定義，此概念為全球唯一之標準。因此IFD就是將每一個訊息及術語，都給予一個全球唯一的識別碼GUID，這樣能夠使得IFC裡面的每一個資訊，都有一個唯一的識別碼與之相連，得到的訊息就只會是唯一的[128]。

IFD的官方資料中有一個說明例子，在普通的字典或辭典裡，挪威語的"dor" 和英語裡的"door"，同樣都是被翻譯成"門"的意思。若是運用在非技術語言的譯文是勉強可以的。但同樣用在進行建築營造資訊交換時，就有待商榷。因為，實際挪威語的"dor"是指"門框"的意思，應該翻譯成英語的"doorframe"，而英語的"door"指的是"一扇門"的意思，兩者之間是有所差異的[98]。

五、BIM 效益

BIM 有許多效益主要是因為 BIM 以資料庫的形式實際呈現建築物從設計階段開始的各階段[66]。當製作流程正確時，BIM 在建築物全生命週期有許多潛在效益，以下為 BIM 為各階段參與人員所帶來之效益：

1. 建築師

BIM 給建築師和設計人員在設計階段時很大的自由，藉由使用尖端及網路技術可將專案程式與其他 BIM 工具連結。建築師在專案開始前設計出符合環保之建築物，與綠能分析軟體連結，分析出更節能的环境節能方案。建築師也可在單一模型研議多個替代方案，產生協調性佳的施工文件，提供準確的數量及成本，建築師可花更多心力及時間在建築物設計上。此外 BIM 也讓檢核模型人員即使在初步概念性設計階段時加強品質方面的控管。

2. 業主

在初步概念性設計階段時，業主即可看見視覺化建築物模型，可減少施工時因圖說錯誤而導致變更設計發生的機率，施工成本及機器操作上成本大幅降低，節省額外花費。據估計使用 BIM 管理得當可節省 5~10% 成本。此外 BIM 有了 3d 展示及能進入建築物模型內部之功能，讓業主足夠參與專案需求討論，確保專案功能符合業主需求。因為公平及準確的成本估算，業主能依照自身的預算增加或刪減。最後在專案結束移交給業主因為單一模型內附有大量建築物資訊而更有效率及價值。

3. 結構工程師

對結構工程師使用 BIM 最主要的效益是結構工程師可以以數位化方式檢驗和測試其設計的結構，而且在實際施工之前就已開始檢驗，一些潛在的問題即可先解決。結構細部設計圖說可以快速產生，在模型中可以專注於檢討可行性方案之成本。建築師和結構工程師之間能有更好的溝通及合作，讓建築師瞭解其設計的建築物結構部分是否可行。

4. 承包商

BIM 對承包商的好處是從 BIM 模型中可以產出準確的時程表，為此在人、機、料安排上更有效率，也讓承包商提早瞭解並準備現場的物流、組織工作，減少一些規劃失當或是誤解圖說上的問題。在採購時藉由虛擬的模型來做好時程規劃。

5. 估價工程師

BIM 提供多方面的成本管理，如人力資源、原物料、結構元件等。估價工程師可以從 BIM 中決定適合之材料和準確的數量和成本。BIM 促使專案人員瞭解時間和材料成本對專案的基本影響和衝擊。一些資深的估價工程師與專案經理和會計師三方可一起納入專案裡討論其預算，讓專案得到更好控制。

6. 機電管線配置設置人員

由於 BIM 整合多種介面於單一專案，工程專案的機電管線配置全集中於單一模型進行設計，這代表各介面有較佳的協調性，避免管線間碰撞的情形發生。在產生管線配置圖上一樣有較佳效率，不同配裝時程表間與模型互相同步，減少錯誤發生。不同管線配置人員在修改模型也會提出警告讓其他配

置人員知道某人在某時修改了何種配置，在修改和檢查圖面也較一般傳統 CAD 有效率。

六、BIM 優勢

BIM 的發展，提供營界產業好的技術，更是一大邁步，使營建工程專案能如期、如質、低成本，對施工產生之風險也可有效預防，以下針對 BIM 之優勢，簡單分為以下三類：

1. 提升 2D 視圖擬真度：BIM 以 3D 建模除為工程圖說更為明瞭，減少原 2D 平面視圖簡化之誤判問題，另外所提供之 3D 施工前模擬以及工程預估[6]，使工程於設計與施工階段可早期發現施工以及管理之問題，避免造成無謂之設計變更。
2. 減少工程資訊交換界面問題：BIM 為資訊整合之協同作業平台，使工程在不同階段不同步尚能為資訊達到傳遞與橫向之連繫[6]。而 BIM 模型有別於以往純 3D 之模型僅有視覺化之功能，而是利用 3D 模型再附加相關工程資料，使 3D 模型如同一資料集，並透過物件導向、關連式、參數式之設計概念，使 3D 模型可進一步符合 BIM 之概念(如圖 2.21 所示)，減少工程資訊之設計衝突與交換之界面問題。

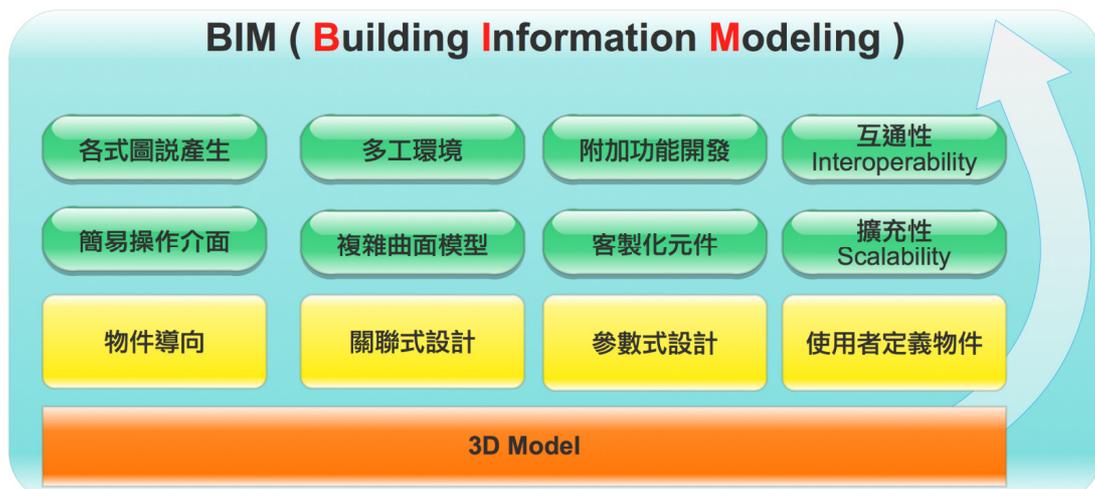


圖 2.21 3D 模型與 BIM 關係示意圖

(資料來源：本研究繪製)

3. 資料完整保存：建築物之生命週期各階段：規劃設計、施工、營運、維護到拆除，總資訊不斷累積增加而不造成間斷或遺失[1]，透過建置 BIM 模型減少其錯誤發生並能將資料保存完整。

七、BIM 對營建產業之重要性

BIM 不僅只於對建築師、工程師和業主有益處，BIM 對營建業長久以來資訊傳遞不佳的詬病扮演關鍵性的工具。以下有幾項對於營建業重要的統計數字：美國國家科學標準協會公佈一份研究報告指出工程專案業主所引起的額外成本起因於不夠充分的溝通與協調[67]，其結果顯示由於不夠充分的協作與溝通對新建案每坪方英尺多了 6.12 美元額外成本，在營運維護時期每平方英尺則產生 0.23 美元額外成本，總共多了 158 億美元的額外成本[68]。其中有很多原因造成額外的浪費如過去一世紀材料的超量使用，如下圖 2.22 顯示只有經濟大蕭條或是幾個經濟情勢較疲落的時期材料的需求用量有下降的趨勢，其造成主因是 20 世紀開始超高大樓的興建和橫跨整個美國的高速公路和橋樑使用大量的混凝土和鋼材，其中的數字包含大量浪費的材料。圖 2.23 為美國的統計數字，歐洲的營建業統計一樣有相同的趨勢。圖 2.24 為可回收材料與不可回收材料的使用比較，令人特別注意的是從 20 世紀初期開始可回收材料的使用減少，除了對環境生態負面的衝擊，亦會加速材料的儲存量，屆時材料價格將大幅上漲，儘管上述統計數字僅為警示作用，但未來發展會如現在所預期的好或壞，BIM 會在裡頭扮演什麼角色？以現在建築工程專案的規模，專案開始前需要更多的規劃及準備。以往建築師、工程師及承包商皆在不關連的圖說上作業，會有多多的錯誤發生可想而知，而這些錯誤往往帶來額外的成本，這即是 BIM 導入工程專案欲解決之問題。BIM 的工作流程是將所有專案參與人員一起集合作業，同步所有作業是傳統作業所不允許的。使用 BIM 軟體可輕易維護材料的數量和工作排程，不同於以往用人力來估算材料數量，不僅時程準確，某一方修改專案模型或是更動數量其他相關的圖面也可以即時的自動更新。

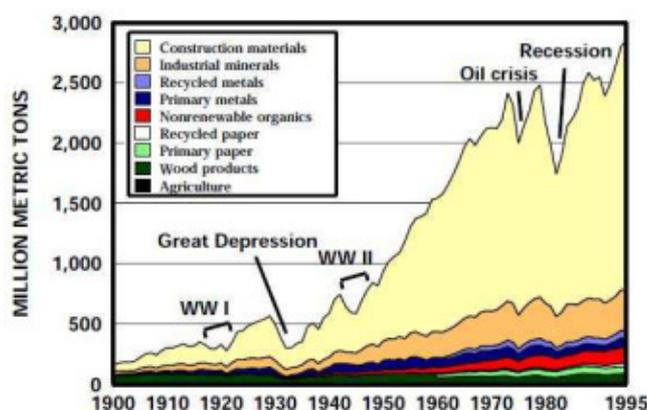


圖 2.22 經濟影響時期材料之需求

(資料來源：[76])

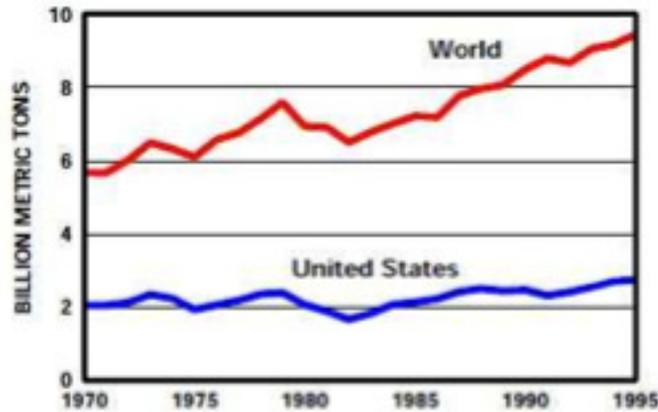


圖 2.23 美國與全世界原物料使用量

(資料來源：[69])

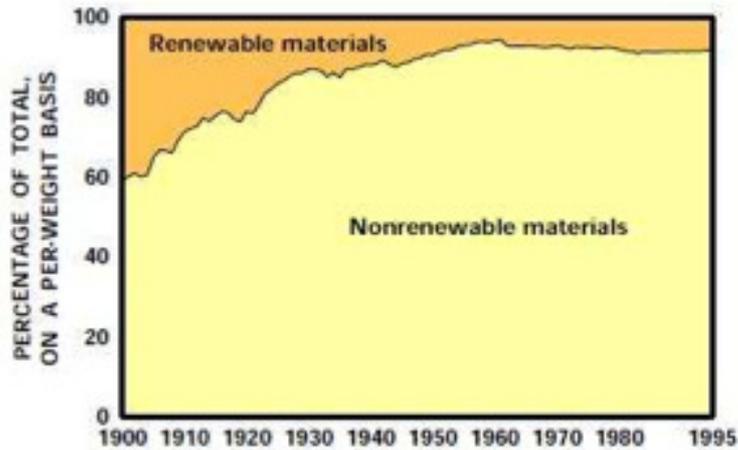


圖 2.24 再生與非再生能源之使用量

(資料來源：[70])

此外 BIM 軟體讓使用者去發掘不同的技術和替代材料的機會，所花費的時間也比傳統 CAD 來的少，這可以使使用者用經濟、適合的價格快速的找到適合的材料，下表 2.2 列出更詳細之傳統 CAD 和 BIM 之差別。BIM 除了讓材料的浪費減至最低外亦讓建築工程專案更有生產效率，減少成本浪費。同步整個建築模型也分攤專案之責任給所有專案參與人員花更多精力在人力配置計畫上，當人力成本增加時，需要更仔細的去規劃。

現今的建築專案複雜性高，整個生命週期的成本會比施工階段的成本高出許多。業主也發現花在營運維護時的成本比當初預期的要來的多，像是現今專案使用的空調系統或是管線配置不僅是需要大量成本用在初期，還包括整個建築物的生命週期營運至修復階段的費用，這些都是超過業主當初所計畫的。

表 2.2 CAD 與 BIM 之差別比較

	CAD	BIM
建立基礎不同	利用圖形繪圖的基礎工具。	使用資料庫的基礎架構。
主要使用者不同	繪圖者產出視圖內容。	設計師、工程師、繪圖師等，透過資料庫的輸入完成產出文件，如：數量檢核、視覺化、結構分析、圖說文件、進度模擬等。
資料的修改方式	相關之圖說或資料必須重新再次調整過。	因具有雙關聯性，當某一資料修正，相關資料皆會自動更新。
溝通介面	適於專業之人員，非相關之作業人員則不易。	以 3D 為資料架構，因此易於各人員之溝通。
培訓人才	軟體運用範圍大，且市場上已習慣於使用，培訓人才方面較成熟。	為新興軟體，使用者不多，多以工程背景者為主，且成本為高，培育人才不易。

(資料來源：[35])

七、BIM 未來發展

過去幾年即使幾年的時間仍可以看到導入 BIM 對營建產業產生巨大之衝擊。當 BIM 越來越普及，使用方式也有巨大的改變，從專案起始階段即用 3D 建模，雖然目前還未全方面使用，但已經漸漸在改變，越多人開始注意此議題，使用者開始運用 BIM 於建築工程專案進行設計及溝通，估計在離 BIM 的效益全部顯現前還有很長的一段路要走。

未來 5 年，建築設計將繼續採用 BIM，最後將有 60%~70% 的公司導入 BIM 於工程專案中[71]，當相關工具和軟體繼續發展下去，功能也持續升級，以下整理未來 BIM 所納入的功能：

1. 自動審圖

自動審圖將對營建產業帶來很大幫助，將 BIM 導入自動審圖確保其建築設計符合規範，已有些地區如新加坡已開始實施[72]。

2. 釐清責任歸屬

一些公司傾向關注於權責歸屬問題，新的合約協議書可能在合約中明訂不同參與者的權責[73]。

3. 即時單價更新

線上價錢列表與 BIM 模型連結，可以直接更新元件單價，使的估價更精準。材料供應商也會提供 3D 家具、材料等族群目錄，直接與 BIM 軟體連結。

4. 整合 GIS

預計 BIM 會與 GIS 連結，將會對設計與施工階段有重大幫助，在模型中可以看見專案位址附近的地域、地理資訊等，幫助規劃現場施工計畫或運輸規劃等。

5. 可攜式 BIM

將 BIM 模型帶入現場工地，藉由掌上型智慧裝置如 iPad，工程師可在現場直接討論和修改模型，可大幅減少錯誤發生。

6. 遠端監控

當網路連線速度增加，專案參與人員可在遠端進行視訊會議並且一起討論，辦公室需求將大減少。

未來的 BIM 將持續朝真實化發展，屆時營建產業會看到其巨大效益，整個營建生態也將改變，BIM 導入潛在的科技還未完全發揮，未來幾年將持續給大家驚奇。

第二節 消防安全設備檢修相關規範

一、消防安全檢查的定義

建築物從規劃、設計、施工到完工階段，依照建築法及消防法之規定，須符合規定設置合格的消防設備，才能取得使用執照，開始營運使用。從防火管理層面來說，除配合上述政府相關規定外，營運使用過程中，重要於民間本身的自主管理維護；其成效之良窳，經常是造成發生火災的重大缺失之一。因此在消防安全設備管理維護，平時應重視自主的維護檢查與定期作進一步之專業檢查，有效的追蹤管理記錄，方能保障消防設備平時備而不用，在初期火災發生時能即時啟動救援功效[51]。

陳弘毅(2000)指出消防機關為達到火災預防之目的，須對消防設備之位置、構造以及管理狀況作調查，稱為消防安全檢查[55]。此種由公設消防機關實施之

行政作用，重點在排除公共之危險，維護公共安全，因此與防火對象物自主之預防查察性質不同[54]。另外，陳火炎(1999)指出建築物消防安全檢察是消防單位消彌火災應實施的重要工作[56]。由訓練有素、誠實細心的消防人員按照周詳之計畫切實執行檢查，平時便可揭發許多危險情況，採取有效防制措施，因此火患將無從發生。而檢查所見，除可提供業主參考改進外，消防人員本身更可藉此承擔保護民眾生命財產安全之重大責任[54]。

所以消防安全設備為確保在需要時，能真正發揮其應有的功用，需仰賴人員平時的管理維護，隨時注意維修與檢查，觀察其是否生鏽、損壞或故障等問題，並測試其機能，使能隨時保持可運作之狀態。

現今，技術方面正逐漸的快速發展，對此，設備的更新、維持與功能的效率也需同步跟進。在此情況下，對於任何的消防設備種類，應使其在最大限度下發揮能力是極為重要的。如果設備在緊急狀況下發生故障，對於人們的生命與財產安全將造成損失，若如因為設備的故障，再伴隨著其他公害，則後果的嚴重性將是無法估計的[51]。

林元祥(1999)指出依警察百科全書中指出消防安全檢查勤務定義為：以分(小)隊為單位，就現有警力劃分為若干責任區，其查察對象、實施次數、檢查次數及檢查標準由省警務處、警察局訂定之[57]。實施消防安全檢查時，應攜帶查察紀錄簿，將檢查情形詳細記錄，遇有設備不完善或安全設施不合規定時，應通知所有人或管理人，轉達其單位主管限期補充改善，逾期不改善者依法處理[54]。

Swersey 和 Ignall 針對火災搶救之生產力評估，提出「時間區間」(Time Interval) 模式，此模式乃是藉由將火災發生過程(火災剛發生至最後撲滅)依時間先後分成六個區間，分別是(1)起火前時間(2)起火到被發現的時間(3)發現火災到派遣出動的時間(4)派遣出動到抵達火場的時間(5)抵達火場到火災最後撲滅的時間(6)火災撲滅後的時間等；再經由此六個區間中，消防單位的作業情形進行評估，而其評估結果除可作為資源分配的依據外，並可藉以了解整個火災搶救之績效[58]。換句話說，利用此一時間區間模式，消防決策官員可用來衡量其資源分配情形或作為效益評估的參考。例如，消防官員可用此模式衡量自己隊上在火災搶救的執行上，那一個區間需要加強努力；或是在相同的經濟條件下，要加強那個時段的資源投入，以獲取最大的效益。因此根據 Swersey 和 Ignall 的理論應可用於消防安全檢查過程，但與火災搶救不同之處，在於消防安全檢查的過程具有「再製性」，檢查過的場所當下次檢查期限來臨時，需再度執

行檢查。前次檢查的結果與本次檢查的結果是有相當程度的關係，而火災搶救則無此現象[54]。

因此，若因消防安全設備的管理維護不善、計劃的錯誤、操作使用不當等造成的因素，對管理人或使用人來說是本身所造成的致命傷。如今設備管理維護的重要性正逐漸提高，經營管理者有必要對其做強化認識與提升警覺性[51]。

二、消防安全設備檢修申報

面對日趨複雜的建築物機能及使用狀況，致使對消防安全設備的依賴性逐漸提高，為了應付日趨多元化的社會，消防法於民國八十四年八月進行修正，修正之重點為增加消防專業技術人員制度、消防安全設備定期檢修申報制度等措施之推行。在條文內容方面增加了第八條專技人員制度，第九條消防安全設備檢修申報之規範等，而內政部消防署亦於八十六年十二月四日發布「各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準」，並於八十七年四月一日起開始實施檢修申報制度。其推動的主要目的如以下所述[102]：

1. 消防安全設備係屬於維護生命財產之重要設備

消防安全設備不似建築物內日常使用之昇降設備、空調設備、給水、供電設備等，倘若發生故障，不易被發現，造成潛在危險。為避免此情形之發生，法律賦予管理權人應定期委託消防設備師（士）檢修齊消防安全設備之義務，以於火災發生時，能發揮其應有之預警與保護功能。

2. 基於自我責任及社會責任

若建築物係屬於供公眾使用之用途，則其消防安全設備是否能夠在危機發生時發揮正常功能，並給予人員預警與保護，除攸關管理權人自身安全外，對於其他不特定人員之安全，更是負有重大責任，輕忽不得。因此依法律賦予管理權人委託消防專技人員檢修消防安全設備，並向消防機關申報之義務。

3. 建築物消防安全設備檢修，乃是希望以消防安全設備檢修人員專業知識，了解設備的性能，預先發現問題，據以提出改善計畫，並對於建築物資料檔案予以彙整與建立，日後若不慎發生火災，消防搶救單位將更能掌握現場狀況與時效，做出最正確判斷，以達到維護人民生命財產，保障公共安全的目的。

三、消防設備介紹

「消」是消除危難，「防」是防止災害，其詳義為預防火災，搶救災害及緊

急救護，以維護公共安全，確保人民生命財產。因此平時就要確實的做好管理檢查，知道缺失與故障之所在，並且儘速地加以改善修換，不吝於充實設備，也唯有如此才能隨時保有最佳功能狀態。對於建築消防相關法規的規定，於建築物防火安全與消防安全設備之最終目標如下[53]：

- 一、防止起火及火勢擴大。
- 二、保證安全疏散，確保生命安全。
- 三、防護建築物不至於因火災造成損壞與波及鄰房。
- 四、提供消防搶救人員於執行救災時之必要設施。

任何事務、機器設備、團體組織經過管理之後才能建立起一種制度，有制度的管理才會有效率，消防安全設備的管理亦不例外，而管理之重點是「人」而非「物」。以往報導案例中，多數人心存僥倖，將消防設備之管理維護視為是一種浪費或平日管理維護不當，致使初期滅火失敗，有些甚至於嚴重到連緊急發電機、消防幫浦都無法啟動等情況，而造成大災難的屢屢發生，亦時有所聞，實在令人難以置信。其原因並非未實施消防管理，而是對於消防設備管理之重要性認識不足，管理的不徹底所致[74]。

由內政部消防署 99 年所修訂的各類場所消防安全設備之檢修項目大致可分為以下五類[102]：

1. 滅火設備：指以水或其他滅火藥劑滅火之器具或設備。

- 滅火器、消防砂
- 室內消防栓設備
- 室外消防栓設備
- 自動撒水設備
- 水霧滅火設備
- 泡沫滅火設備
- 二氧化碳滅火設備
- 乾粉滅火設備
- 海龍滅火設備
- 鹵化烴滅火設備
- 惰性氣體滅火設備
- 冷卻撒水設備
- 射水設備

- 廚房簡易自動滅火設備
2. 警報設備：警報知火災發生之器具或設備。
 - 火警自動警報器
 - 手動報警設備
 - 緊急廣播設備
 - 瓦斯漏氣火警自動報警設備
 3. 避難設備：指火災發生時為避難所使用之器具或設備。
 - 標示設備：出口指示燈避難方向指示燈避難指標
 - 避難器具：指滑台、避難梯、避難橋、救助袋、緩降機、避難繩索、滑杆及其他避難器具
 - 緊急照明設備
 4. 消防搶救上之必要設備：指火警發生時，消防人員從事搶救活動上必需之器具或設備。
 - 連結送水管
 - 消防專用蓄水池
 - 排煙設備(緊急昇降機間、特別安全梯間排煙設備、室內排煙設備)
 - 緊急電源插座
 - 無線電通訊輔助設備
 5. 其他經中央消防主管機關認定之消防安全設備。

四、消防安全設備現行維護管理方式

1. 定期保養：

日常保養是依業主需求進行，大多為每月、每兩個月或每季不等，針對重點設備進行外觀判別消防安全設備有無毀損及配置是否恰當。

2. 定期檢修申報：

由內政部消防署所頒定之「各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準」中規定，消防設備檢查分為定期檢修申報與日常保養，各類場所消防安全設備設置標準規定之甲類場所每半年一次，即每年六月三十一日及十二月三十一日前申報，甲類以外場所每年一次，即每年十二月三十一日前申報。

3. 主管機關抽查

五、消防安全設備相關文獻

本研究主要研究對象為消防設備士(師)與管理權人，且依據內政部消防署八十六年十二月四日所發布的「各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準」作為申報檢修準則，故本小結將針對 1997 年後之研究做為收集對象。以下為相關之研究：

賴聰穎(2009)針對建築物消防安全設備維護管理品質進行研究，並以某大型購物中心為例，經過比較探討、歸納、演繹及問卷調查的統計分析論證，將消防安全設備管理現況可改善的地方繪製為特性要因圖(如圖 2.25 所示)。主要問題如下[50]：

1. 管理權人部分：(一) 平時自主檢查及保養未落實。(二) 維護管理紀錄文件保存不佳。(三) 防火管理人不適任。(四) 本身不重視。
2. 專業檢修機構或人員部分：(一) 人員素質不齊。(二) 低價搶標。(三) 檢修器具器材不良。(四) 無檢修計畫。
3. 主管機關部分：(一) 有關法令規範未能及時補(修)正。(二) 法令宣導及有關資料公開不足。(三) 火災預防人力不足。(四) 教育訓練未落實。
4. 設備製造廠商部分：(一) 產品未獲主管機關認可或檢驗核可。(二) 專利之維修技術未移轉。(三) 產品檢驗報告不實。(四) 製程品質不穩定。

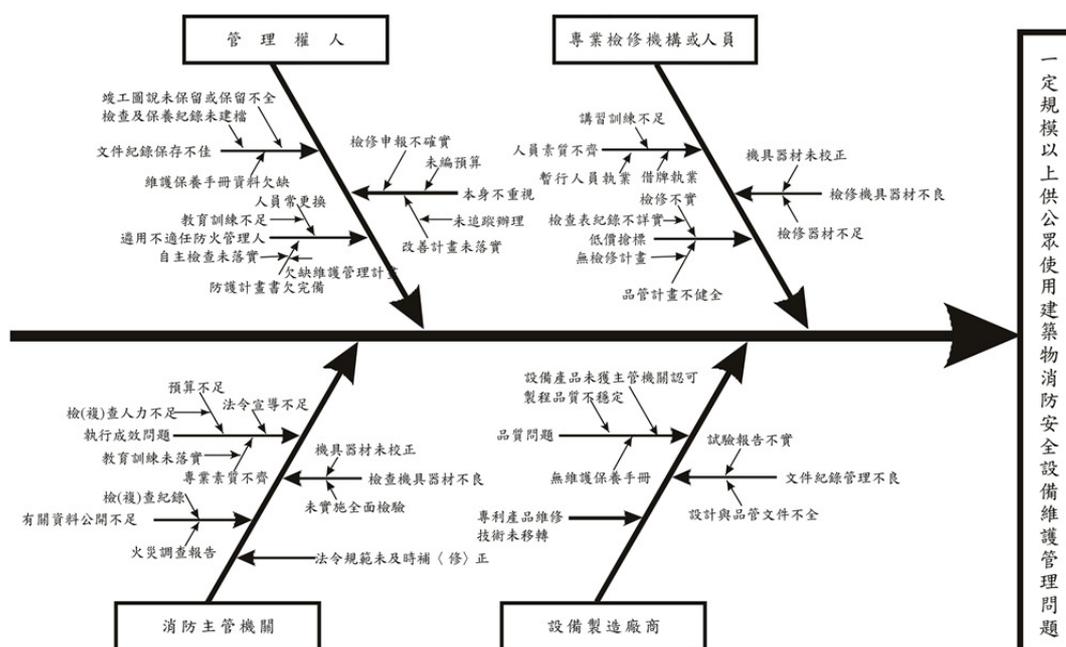


圖 2.25 消防安全設備維護管理問題特性要因圖

(資料來源：[54])

王財利(2003)研究探討學校建築消防安全設備管理維護問題與對策，以問卷調查法就統計分析結果各缺失點項目，作為主要問卷內容，主要對象包括管理權人、防火管理人，藉以瞭解實施防火管理制度下，消防安全設備的管理維護所遭遇的困難與課題，研究結果給予以下建議[51]：

1. 導入生命週期概念

針對不同使用生命週期之各系統，進行適時、適當的管理維護是一個重要的方式。

2. 檢查紀錄表中增列過去紀錄項目

在個別消防設備向別後，加列「各年度缺失項目」欄，可依照生命週期概念判定那些重大缺失出現時間，而於當年度決定優先改善項目。

3. 設備位置圖標示

於檢查紀錄表後增列設備位置圖，可清楚地與文字紀錄做一比對。

4. 檢查紀錄表資料庫建立

建立學校消防設備檢查紀錄資料庫，使管理與維護工作更能落實推動。

何景文(2003)透過問卷進行服務品質重視與滿意程度差異分析，發現所有項目都達到顯著差異的程度，表示其服務品質與受檢對象的期望有差距存在，需要加以提升。就服務品質構面來說，「檢修人員專業性」構面是最受期待且重視的部分，而「檢修器材設備」構面和「檢修人員專業性」構面則是最需改進的部分，因此建議消防設備師（士）應優先朝此兩個方向進行改善[52]。

七、相關法令探討

台灣於1985年3月1日內政部成立消防署後，即刻於1985年8月11日修正「消防法」；並且於2007年11月1日公佈「各類場所消防安全設備設置標準」，其中將應設置消防安全設備之各類場所重新將建築物用途加以分類，以使消防安全設備之設置更趨於合理性，並且亦做為台灣建築物消防設計之共同準則[53]。

根據各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準，管理權人申報其檢修結果之期限，其為各類場所消防安全設備設置標準規定之甲類場所者，每半年一次，即每年六月三十日及十二月三十一日前申報；甲類以外場所，每年一次，即每年十二月三十一日前申報。至檢修之期限仍依消防法施行細則第六條第一項規定，甲類場所，每半年乙次，甲類以外場所，每年乙次。前項每次檢修時間之間隔，甲類場所不得少於五個月，甲類以外之場所不得少於十一個月。辦理消防安全設

備檢修工作之消防設備師(士)或檢修機構，應製作消防安全設備檢修報告書交付管理權人。檢查結果發現有缺失時，應立即通知管理權人改善[53]。下表為消防設備相關法令：

表 2.3 消防設施及設備相關法令

母法	相關法令
消防法	<ul style="list-style-type: none"> • 消防法施行細則 • 各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準 • 各類場所消防安全設備設置標準 • 乾粉滅火設備各種標示規格 • 二氧化碳滅火設備各種標示規格 • 複合用途建築物判斷基準 • 消防幫浦加壓送水裝置等及配管摩擦損失計算基準 • 消防安全設備檢修專業機構管理辦法 • 消防設備師及設備士管理辦法
建築法	<ul style="list-style-type: none"> • 建築技術規則 • 建築物室內裝修管理辦法 • 原有合法建築物建築物防火避難設施及消防安全設備改善辦法 • 建築物公共安全檢查簽證及申報辦法

(資料來源：[51]與本研究更新整理)

第三節 國內外相關文獻

建築資訊模型是土木與營建工程業的新興概念，主要功能是利用直覺化與視覺化之 3D 立體建築模型以及模型中之各項營建工程進行所需之參考數據及資料提升營建工程之生產力及工作效率，其發展至今亦有許多文獻針對 BIM 與土木工程與營建產業界之實際應用與概念進行相關研究與探討，以下將針對國內外之文獻進行整理及概述。

一、BIM與消防相關文獻

Johannes A W Dimyadi 等人(2007)使幾何學資訊能夠轉換為使用 IFC 建築資訊模型的模擬工具，從 IFC 模型中和 web-based 的應用程序來發展獲取消防工程相關資訊，可適用來創造 FDS 能輸入檔案中[131]。

Spearpoint M. J. 與 Johannes A W Dimyadi (2007)藉以標準化的 IFC 可被用

來完成建築電子化，並達到創造在商業用途上有用的申請，實現 BIM 與火災模擬之間的互操作性，快速準確的共享建築資訊，視覺化火災模擬，另外能有效協助消防工程的設計過程中[132]。

Umit Isikdag 等人(2008)透過 BIM 獲取資訊匯入 GIS 中，由於 BIM 能夠提供建築物充分的標準資訊，因此於研究中在選址與消防回報管理提出一套流程，能夠藉由自動化來管理數據工作[133]。

Uwe Rueppel 與 Kai Marcus Stuebbe(2008)提出一種解決方法使消防救援人員在救災時發現最短的救援路徑，透過無線區域網路 (WLAN)、超寬頻技術 (UWB)、無線射頻識別系統 (RFID) 為室內導航系統，另將資訊從 BIM 輸出以提供路網[134]。

Uwe Rüppel 與 Puyan Abolghasemzadeh(2009)創造一個由 BIM 與 FDS 發展的平台，並呈現虛擬的模擬逃生環境，使消防人員能獲得逼真的可視化環境以產生身臨其境的感受，來執行和評估緊急疏散培訓的機會，並針對不良的方式有效的進行修正，和模擬不同結果[135]。

Johannes A W Dimyadi 等人(2009)使用 IFC 開放標準的 BIM 基準，研究在消防設計工程中，以 web-based 轉換工具來創造輸入予 FDS 資訊和輸出 IFC 工具中，並分享資訊與 FDS 火災模擬模型的方法[136]。

Jiyong Jeong 與 Ghang Lee(2009)研究如何從 BIM 模型中提取資訊來自動檢查問題點，根據韓國建築規範的出口處標準，以自動檢查編碼的方式在防災害上，分為五個部分：出口處、材料/能力、主要的疏散、疏散樓梯與防火區劃，來表示需解決的出口處以及其限制的問題點[137]。

Shouxiang Xu 等人(2010)應用虛擬環境在火災預防的研究，提出 BIM 採用有限狀態機(FSM)控制動態的循環結構，透過 3D 視覺化的虛擬架構了解火災發展、人員搶救與人群分散之間影響的模擬平台[138]。

Godager 與 Bjørn Arild(2011)介紹了如何利用 BIM 來建立一個現有的建築物管理方法，包括落實消防安全、一般的設計、環保法規要求、維護、出租、日常運作、重建、機械、電氣、管線、和有效地利用能源和空間，並決定在不同的建築物類型中哪些資訊是需保留與不斷更新的[139]。

Uwe Rüppel 與 Kristian Schatz(2011)透過 BIM 當中資訊與模型來創建虛擬環境，以模擬火、煙、爆炸及其他緊急狀況的潛在影響，運用虛擬技術創造一可視與可聽化的逼真環境，預先演練發生緊急狀況時，消防人員能迅速判斷及救災行

動[140]。

張驄騰(2011)將建築中的感應器、監視器及空間相關資料，輸入建築資訊模型(BIM)之中。當感應器觸發時管理人員透過系統判別警報之真偽，避免因錯誤的警報而造成人員的恐慌，提升警報的正確性，同時迅速的找出起火點，幫助救災單位在大型的建築中，快速的到達起火點進行滅火救援工作[122]。

二、其他BIM相關文獻

1. 國內文獻

賴東延(2011)提出導入 BIM 於臺灣公共工程招標準備階段之芻議。經由案例之差異分析，發現導入 BIM 可減少工程圖說與各式表單之工程材料、尺寸與數量差異，並可降低業主與施工廠商之工程風險。此外，還可利用 WBS 拆解工項方式，及透過 3D BIM 模型於施工前、中、後不同階段的模擬來避免工項漏失[112]。

孫瑩琬(2011)研究如何使 BIM 建築資訊模型發展更加完善，讓機電系統元件施工界面與結構建築系統之施工項目充分結合，以建構一符合建築專案施工度之排程[113]。

蔡孟涵(2011)經由實際案例的驗證，顯示 SUM 策略除了可提供有效的建議去解決在導入 BIM 工具過程中所遇到的問題外，並在不影響過多既有作業模式下，以循序漸進的方式來改善作業模式[114]。

吳柏成(2011)在營建專案規劃設計階段導入建築資訊模型(BIM)，建立「建築 BIM 機電系統與物料管理整合模式」，主要分為三個部分(1)建築 BIM 機電系統 3D 模型建置；(2)機電系統動態物料需求規劃；(3)機電系統物料採購運送時程規劃，以增加傳統機電承包商在營建專案整體之效能[115]。

陳韋如(2011)建立「建築資訊模型導向營造廠流程再造模式」，設計 BIM 導向作業流程，使作業流程能夠達到最佳效率模式。首先採用營造廠核心作業流程為基礎，以 ARIS 進行流程塑模的工作；並檢核核心流程達成目標要素之服務缺口；再以數學量化推演之方式解析 BIM 對目標要素的重要性，加上四象限圖概念篩選 BIM 對流程再造的關鍵目標要素，以填補流程的缺口，進而提升營造廠流程執行上的效率[116]。

范國祐(2011)採用 Revit Architecture 建立 MEGA House 建築模型的設計，模擬支架體在任意載重組合下各構件之受力情形，套用規範檢核各桿件之安全性

與服務性，最後在依修正建議回饋至建築與結構模型，以方便透過同步資訊模型來進行有效的溝通，提高工作的效率與設計成果品質[117]。

賴劉峻(2011)藉由 Ecotect 軟體探討目標建築物(MEGA House)室內熱環境，以室內無開啟任何空調設備的情況下模擬分析及實際量測室內熱環境並相互驗證，經 T 檢定驗證 Ecotect 軟體模擬分析之準確性後，將(MEGA House)作變更模擬分析。由研究得知若能在設計階段導入熱流模擬分析，便能設計出節能效果較好之建築物[118]。

陳宏名(2011)藉由 BIM 概念改善在施工階段工程管理進行時可能遭遇之各項問題及困難，並助於施工階段資訊整合，使管理者及施工人員利用 BIM 模型達到資訊交流與分享之功能，更可清楚地了解工程進行之各項資訊及需求，藉以提高施工階段之專案管理效率[119]。

莊天翔(2011)利用雲端運算服務模式—軟體即服務的概念來建構 BIM 視覺化及操作平台，此平台不受時間及空間距離限制，可提供即時線上工程資訊及 3D 立體模型的視覺化展示及操作，以利工程各單位彼此間協調及溝通，以達協同管理及提昇工程管理效能之目標[120]。

傅貽明(2011)以實際的建築工程專案，用 BIM 軟體工具建模，經由比對該案以傳統方法估算的數量，探討現有 BIM 工具在裝修工程數量輸出之相關議題，並進而驗證 BIM 工具在建築工程裝修數量掌控上的效益[121]。

林豎程(2011)探討應用 BIM 工具於實體工程可能產生的效益及衍生的營建產業制度議題。利用所建的 BIM 模型輸出工程數量，與原建築師的數量計算書做比對後審視 BIM 輸出數量上與傳統估算間的差異，並搭配廠商擬定的施工網狀圖進行四維施工檢討衝突檢查，嘗試與工地實際發生的狀況進行回溯對照提前預見施工會發生之問題[123]。

簡士凱(2011)透過 BIM 建立的圖說及相關資訊，連結 ODBC 將建築物相關設施資料自 BIM 中擷取出來，以建立設施管理的資料庫，做為設施管理的主要內容，透過管理軟體可查詢相關設施的資料，能降低維修之不便病避免錯誤，讓使用者在使用階段的維護管理能更方便且具效率[124]。

陳景田(2011)應用 BIM 工具製作建築空間模型及鋼筋混凝土結構模型，經核對檢查消除二維轉三維的問題後，嘗試由所建的三維模型中提取工程數量，並與建設公司的傳統專業估算進行比對，藉以探討 BIM 工具在工程數量輸出的相關議題[125]。

謝博全(2011)應用虛擬模擬方式針對營建產業四個階段「基地環境」、「規劃設計」、「建造管理」、「設施管理」等四個營造業周期,在3D模型建構方面,應用國際建築資訊模型標準(NBIMS)為基礎,並應用虛擬實境方式去研究並探討應用的方法[126]

林熙聖(2010)利用BIM之概念為基礎的系統軟體ArchiCAD,探討數據讀取存在的問題,結合IFC繪圖軟體自動計算數量,評估其效益與數量正確性,研究採取牆和柱形成的三種型態及一座簡單基礎模型為案例。研究結果證實IFC的準確性及效率[8]。

李宜謙(2010)探究建築資訊模型於建築物之設備維護管理方面之應用,利用已建置完成的建築資訊模型及相關資料,使維護管理單位可於作業進行時從中利用設備之各項參考資料並於完成作業後進行記錄,提高維護作業進行之效率、提升作業人員作業之便利性並降低資料竄改或是缺漏毀損的機率,提升建築物維護管理之管理效能[7]。

何松柏(2010)利用BIM之概念建置模型,提出可由網路連接3D模型展示應用之程式,引入開放代理者架構,實作BIM Review Agent(BIM.RA)且針對複雜的建築系統,BIM.RA可以有效率的幫助審查者在建築資訊模型中找到對應的視覺化物件,快速解決系統介面衝突[9]。

裴騰兆(2010)分析建築物設施維護管理的三大特性,提出使用專案導向ERP與建築資訊模型滿足其管理流程,延伸PO-ERP的功能,可適合資源管理和資訊整合,另外增加了資源與時程之間的關係,提高成本控制的精確性。最後將建築資訊模型的設備元件與PO-ERP裡的資源連結,方便資料的查閱與管理[10]。

陳建佑(2010)探討鋼筋工程數量計算造成誤差,建構計算流程,依此流程將所有施工性鋼筋進行計算,以使數量更為精確。依據建築資訊模型模型元件進行數量計算。另外建構一檢核流程,對於建築資訊模型實際進行檢核,重新配置鋼筋數量需增加5.3t,其數量修正量為9%,提供軟體開發公司對於BIM數量計算和增設檢核系統及智慧化配置建議[11]。

莊坤霖(2010)提出以建築資訊模型為基礎的施工管理模式,基於建築資訊模型的模式與概念,讓施工管理人員負責填寫更新施工進展的資訊,整合為規劃設計階段已完成之專案建築資訊模型的設計屬性,所整合施工控制工具的分析處理結果回饋成為建築資訊模型的屬性,嘗試視覺化呈現與施工規劃之差異,彌補現有施工管理作業視覺化程度之不足[12]。

林昭彣(2010)以捷運松山線南京三民地下車站為例，運用建築資訊模型設計流程及專案管理角度探討捷運 3D 系統，透過界面整合虛擬實境技術，快速跑衝突報表，解決 2D 思維之盲點，輔助捷運之設施資產管理、預防性之保養、設備資產分析等[13]。

王奇筌(2009)以構件及空間為基本單元，建立專案的 PBS (Product Breakdown Structure)，根據施工法或材料性質要求，建立單一元件與其它裝潢工程元件的相依關係。最後以桿狀圖為工具，檢討裝潢工程元件間相依關係的邏輯性來調整裝潢工程元件的尺度。另外將裝潢工程元件以工程類別分類，建立裝修工程的 WBS (Work Breakdown Structure)，作為多維度建物元件 3D 圖檔的歸檔分類外和訂定分包商合約之合約項目的參考，產出的裝潢工程元件可適用於多維度模型[14]。

江孟哲(2009)透過建築資訊交換標準 IFC，將施工作業中所產生的危害和風險資訊連結至建築物件當中，並利用建築物件本身的資訊，提供判斷風險的依據，藉由 3D 圖像的展示，使危害可能發生的位置表明，讓施工人員作業時可以更加注意，達到避免發生災害的目標[15]。

李冠文(2009)透過訪談、觀察、施工文件整理，以一棟新建醫院第八層機電系統為案例，對照相關文獻資料，建構機電元件施工邏輯與屬性架構，將機電包商施工所需資訊內嵌於 3D 機電模型繪圖元件屬性當中，使元件資訊得以被包商擷取並應用於數量計算、採購、物料分配、施工排序、系統測試等基本施工作業需求[16]。

樊啟勇(2007)嘗試應用 IFC 資料結構內容，對於幾家市佔率較高者進行了其支援狀況的探討與比較。另外針對結構設計所需結構元件如梁柱等的組成資料進行擷取，並建立結構分析相關部分資訊[17]。

唐清涓(2008)以一棟民宿作為建築資訊模型之測試主體，針對面積、陰影日照、多人作業協同機制、時程因素及、建築資訊資料庫便於後續整合營建專案管理。以建築資訊模型(BIM)為核心技術之軟體作為設計工具，結合本國相關法規規範，加強後續各項加值應用，提升產業競爭力[3]。

周承禹(2008)利用建築資訊模型的物件導向特性與 IFC 標準資料格式，發展一套線上規範自動審核系統。以我國的建築規範作為審核的標準，使用 IFC Engine OCX&DLL 程式作為輔助開發的工具。以「RC 柱構件」為主題，將 RC 柱構件的相關規範寫入系統，作為審核重點，另外撰寫可設計柱構件之柱筋

且符合 IFC 格式的程式，來彌補目前建築 2D 繪圖軟體對 IFC 鋼筋支援的不足，使規範自動審核系統有鋼筋的 IFC 檔案可以傳入作檢核[18]。

鄧挺發（2008）以設計者及專案管理之角度出發，從相關文獻、案例分析到建築資訊模型 BIM 設計作業流程、案例模擬，探討各環節可能遇到之問題[19]。

沈秉廷（2008）以物件導向的觀點探討 IFC 規格設計與實作方式，介紹兩種免費的 IFC 實體檔案存取應用程式介面 (API, Application Programming Interface)，並探討其 IFC 資訊存取方式。另外撰寫程式將 IFC Entity 規格轉換為 .Net Framework 類別，提供較直觀的 IFC 應用程式開發方式。最後使用所建置之類別庫開發以 Plug-In 為架構的 IFC BIM 系統，並開發 Plug-In 元件進一步示範如何應用類別庫，包含 3D 建築模型瀏覽、建築物框架建模、樑柱斷面資訊瀏覽等 Plug-In 元件[20]。

蔡志偉（2007）使用 BIM、物件導向等技術來避免資料傳遞錯誤或遺失，造成財務和時間成本之損失。利用 IFC 資料用於營建業生命週期結構分析時，傳遞建築與結構分析資訊，透過結構分析抽取 IFC 資料中的結構構件，並使用程式語言“JAVA”撰寫，來推導結構性質或參數資訊等，做以使用結構分析模型建置並補充 IFC 資訊建構不足處 [34]。

2. 國外文獻

Leite Fernanda（2010）評估依照不同的資料複雜度（LoD）產生一建築資訊模型所需花費的時間。其研究以設計協調機電系統為實驗，研究結果顯示增加到下階段的細節複雜程度必須增加11倍的建模時間，單獨比較各建築元件的差異發現其中也有7倍之多，另外也觀察到用建築資訊系統自動執行碰撞檢查會完全的辨識碰撞的部份 [21]。

Pingbo Tang（2010）結合土木工程及電腦科學發展雷射點雲掃描 (laser-scanned point clouds) 技術可自動的產生現成建築物的建築資訊模型。運用此新興的方法來建立模型所需的座標，討論自動建立建築資訊模型的潛在應用，並形式化建立現成建築資訊模型時的可能變異和概述雷射點雲掃描技術和傳統現場測繪績效之比較[22]。

Salman Azhar（2010）以Salisbury University's Perdue School商學院為例結合建築資訊模型與LEED綠建築認證程序，發展一個結合建築資訊模型和LEED綠建築認證制度的架構。專案要通過綠建築認證，設計者會針對建築物材料、機電系統、模板等做更進一步的分析，建築資訊模型提供跨平台之整合，比傳統的認證

制度更具準確和效率。案例導入之後證明新的認證流程會提高LEED認證的效率並減少大量的時間和資源[23]。

Youngsoo Jung (2010) 提議一個可運用在實際專案分析的建築資訊模型架構，此架構解決參數上的問題，徹底整理了電腦輔助施工的文獻資料和以全球的觀點來詮釋建築資訊模型。全面性的建築資訊模型架構分為3方面及6大領域，設法解決理論和執行上的參數[24]。

Arno Schlueter (2009) 提出由於氣候的變遷和各國建築規範的訂定，設計者在設計階段必須考慮到建築物的能源績效，但現行的能源績效分析模擬皆是在設計階段之後，並未整合到設計階段的決策訂定。將能源績效分析納入跨領域介面的建築資訊模型，可得到計算績效時需要的參數，把現有能量的質量進行分析，藉由一定的能量量化提出可行的方案[25]。

Nenad Čuš Babič (2009) 本文介紹了馬里博爾大學一項研究成果和發展專案。執行工作是在一個工業化的範圍施工環境，主要的目的是整合大規模生產預製施工現場活動。建築資訊模型被用於連接企業資源規劃(ERP)之間的資訊系統，利用CAD工具傳遞生產過程和施工對象的相關信息[26]。

Rafael Sacks (2009) 以建築資訊模型為基礎建構精實營建生產管理系統(KanBIM)，一套實用的計畫系統模型已經開始在3個特定工廠應用及評估，此需求涵蓋維護工作流程穩定性，串起團隊之間的溝通。研究結果證實，該系統在施工面上，可視化的過程及建物可改進工作流程及減少廢物[27]。

Rafael Sacks (2009) 同時用CAD和BIM兩種方法建造16層商辦大樓的預鑄外牆版，發現產生同樣一組圖說使用BIM比CAD方法快了57%，但是在設計和預鑄工法施工做資料交換時資料不完整且不夠一致。提出BIM需要一套資訊交換標準，現今IFC缺乏預鑄方面的相關性質，主要困難是因為物件交換時缺少語意的解釋[28]。

Vladimir Popov (2009) 利用BIM制定一套5D(3維、時間、成本)之環境，並用於成本估算及施工模擬[29]。

Y.-S. Jeong (2009) 於研究中透過標準試驗清楚地說明定義預鑄建築之外觀應如何建立模型並且將各項物件之標準格式整合導入至IFC (Industry Foundation Classes) 格式以及相互允許的標準之需求，此外，也說明了這樣的資訊交換將需要工作流程中的何項資訊[30]。

James D. Goedert (2008) 將建築資訊模型運用到生命週期之施工階段，把

一座已完工的軍事基地建築物 and 地下設施做3D建模動作和4D完工模型，同一時間運用傳統建模的方法拿兩者來做比較，同時在模型中嵌入現場施工狀況照片便於管理人員進度的控管，並附上統一格式的工程文件讓業主之後方便查閱 [31]。

Rafael Sacks (2007) 以量化的參數式建築結構模型，提高設計階段中設計文件之生產力。並透過兩個三維模擬實驗得知，專案潛在的生產力增益保守估計將在 15%至41%之間[32]。

Changfeng Fu (2006) 以資訊科技的觀點針對3D到nD的專案定義和概略敘述，並將BIM擴大應用到建築物生命週期各階段。IFC格式被採用是建築資訊模型中中央資訊儲存庫的標準規範，整合nD建築資訊模型利於評估、決策判斷。另外也發展IFC瀏覽器作為涵蓋全部介面的nD模型工具，提供一個經濟、實用的方法取回IFC模型的資訊[33]。

Kenny T.C. Tse 等人 (2005) 對於常見的建築資訊模型軟體物件及介面提出符合實際使用著之建議，其中包括發展多象限的物件模型時，應提供更加人性化的使用介面，以及開放第三方軟體開發平台功能提供支援，以整合更多應用程式或資訊交換標準等[36]。

Ghang Lee 等人 (2006) 深入探究哪些設計與工程知識能夠實際的與建築資訊模型之系統軟體進行整合，並將焦點放在建築物件之行為 (Building Object Behavior) 描述及解釋，使其成為一種設計、確認以及參數物件之設計概念之簡易的資料傳送的表现方式[37]。

Weihua Mao 等人 (2007) 提出研究探討一個應用後資料 (資料的資料) 模型的方法對於建築構件、營建施工過程或是工程專案相關管理資訊的非結構化之資訊進行視覺化之建置，使工程專案相關人員能快速找出其需之的相關資訊文件 [38]。

Dirk Donath 與 Torsten Thurow (2007) 提出研究描述一個在設計圖中的建築測量環境中逐步漸進的幾何建築物資料電腦輔助擷取及呈現之概念，並於研究過程中實現了特定的概念狀況並經過測試將其作為未來應用之範例[39]。

2006 年春天，美國蒙大拿州立大學開始將建築資訊模型課程納入其數位繪圖與設計課程，自此，為數眾多的學生開始有機會體驗利用 BIM 軟體進行設計的過程，並將他們的最終完成之成品以及體驗 BIM 過程之經驗與其他使用傳統的電腦輔助設計 (Computer Aided Design, CAD) 程式的學生進行比較。當二維 CAD 及三維 BIM 模型能夠簡易的成為達到相同目的之工具，它們便提供了兩種

在學習建築設計過程中完全不同之議題。因此，Berwald (2008) 提出以透過學生實際使用 BIM 模型之觀點進行由 CAD 轉變至應用 BIM 過程之探討，也說明了使用 CAD 與 BIM 進行設計有著什麼樣的不同，最後並於研究成果中說明了建築資訊模型所造成的創造性之阻礙，並提出如何在課堂教室中應用 BIM 之各項優異且特殊之功能[40]。

建築資訊模型系統在改良設計與管理過程中則扮演極重要的角色，在建築行為中產生數量龐大且多樣化的數據及資料，且經由許多營建建築工程專案關作業人員管理以及溝通這些相關資料也相當複雜。Vanlande 等人 (2008) 透過研究呈現 BIM 技術之延伸，並使其能夠管理整個營建建築工程專案生命週期中的各項相關資訊，此外，利用 IFC (Industry Foundation Classes) 檔案的格式近型設計與管理方式也使得分享相關資訊的過程變得較為容易[41]。

營建工程專案模擬模型 (Construction Virtual Prototyping, CVP) 已被用來整合營建工程專案的成品、過程以及來源模型並在虛擬環境中進行營建工程規劃提供支援。故 Li 等人 (2008) 透過研究描述一個整合有效應用 CVP 支援專案團隊進行營建工程規劃的架構及過程，並針對如何整合 CVP 於營建工程實際應用中提出詳細的建議[42]。

Thomas M. Korman 等人 (2008) 於研究中透過多項的案例研究驗證 BIM 如何有效改善建築物中的機電設備安裝與管線配置的過程，而其研究的成果也為如何利用模型軟體與資訊科技進行機電設備的安裝與管線配置的校正工作提出基礎[43]。

Bilal Succar (2009) 藉由研究過程針對 BIM 應用於營建建築工程各階段的資訊公開準則進行深入探討，並介紹完整的 BIM 過程架構，作為產業界中各階段利益關係人間資訊研究與傳遞之基礎[44]。

Jason Charalambides (2009) 提出於建築設計階段建築設計師即以電腦輔助設計之相關軟體工具進行建築物之設計，並透過自動化電腦設計過程提升建築物的能源使用效率[45]。

Arno Schlueter 與 Frank Thesseling (2009) 利用將相關資料儲存於建築物設計階段所建構之建築資訊模型中並利用所提出之原型工具與之整合，並藉此計算評估建築物的能源表現績效[5]。

Pooyan Aslani 等人 (2009) 於建築設計階段便定義了營建工程各階段相關人員導入建築資訊模型的準備以及其需求，期望藉由將角色及需求定義清楚以提高

專案工程進行時之作業效率[46]。

Alan D. Russell 等人 (2009) 提出了以視覺化方式展現營建管理資訊，協助專案管理人員進行決策以及解釋專案績效之概念。Russell 等人將研究之宗旨及貢獻定位於透過視覺化分析提供一個分析來自專案中之數據及資料的方式並從中萃取協助決策進行以及解釋說明專案績效表現之資訊。並利用兩個不同的專案的資料來建構視覺化的專案模型，透過建立之視覺化專案模型協助分析與解釋變更設計的相關資料，並獲得良好成效[47]。

Chung-Wei Feng 等人 (2010) 透過研究提出一個應用 MD CAD 模型、物件排列矩陣以及基因演算法的進度規劃系統並將其應用於營建專案的時間成本與進度規劃中，藉此降低營建工程專案中不必要的時間與成本開銷[48]。

第四節 小結

建築資訊模型(BIM)為近年來所發展的新興概念，國內不論在產業界、學界亦或是政府單位，對於 BIM 皆僅有初步的應用及成果。因此，本章節從國內外出版書籍、期刊、論文及網路資訊蒐集大量 BIM 之相關文獻，並整理為 BIM 之定義、起源、特色、模型細緻程度(Level of Detail, LOD)、資訊交換標準、效益、優勢、重要性及未來發展。BIM 所涵蓋的範圍包含建築物全生命週期，而消防安全設備之檢修作業屬於建築物生命週期中的維護階段，但透過文獻整理及分析後，發現現階段的研究多針對 BIM 的標準及流程進行探討，而應用研究多針對建築物的規劃、設計及施工等階段，對於後續的營運維護階段鮮少有學者或實務界提出應用模式。有鑑於此，本研究將藉由此章節所蒐集及整理之 BIM 文獻與消防安全設備檢修之文獻，分析現行檢修作業的缺失，設法利用 BIM 所帶來的優勢及效益，針對國內消防安全設備檢修申報作業研擬其應用模式與檢修系統雛形，使其作為 BIM 導入於消防安全管理中之示範應用。

第三章 BIM 於消防安全設備檢修之應用規劃

本章節主要探討消防安全設備檢修作業現況，瞭解現行作業流程方式，從中探討其不便之處以及相關問題；本研究欲透過 BIM 概念改善整體檢修作業流程，藉由 BIM 的特性與優勢提出 BIM 在消防安全設備檢修的應用模式，改善檢修作業現況之問題；而消防安全設備總類繁多，本研究將選用合適之設備作為本次研究之標的，分析消防設備於檢修作業中所需之參數，作為建置檢修資料庫之依據；當應用模式及參數需求確立後，將規劃如何利用 BIM 自動分析檢修結果，並產出相關檢修報表，以簡化現行作業流程。為達到以上之目的，本研究將此章分為四節，分別為「消防安全設備檢修作業現況探討」、「BIM 導入消防安全設備檢修模式建立」及「應用設備選用與資訊需求確立」。

第一節 消防安全設備檢修作業現況探討

目前國內雖有完善的消防安全設備檢修及申報制度且已於民國八十六年十二月四日由消防署發布各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準，受理消防安全設備檢修申報及複（檢）查流程(如圖 3.1 所示)，另外消防法第六條亦規定管理權人必須設置、維護及檢修與申報，故管理權人必須委託消防安全設備師進行。以下分別針對消防安全設備現況之準備、檢修與內業階段做探討。

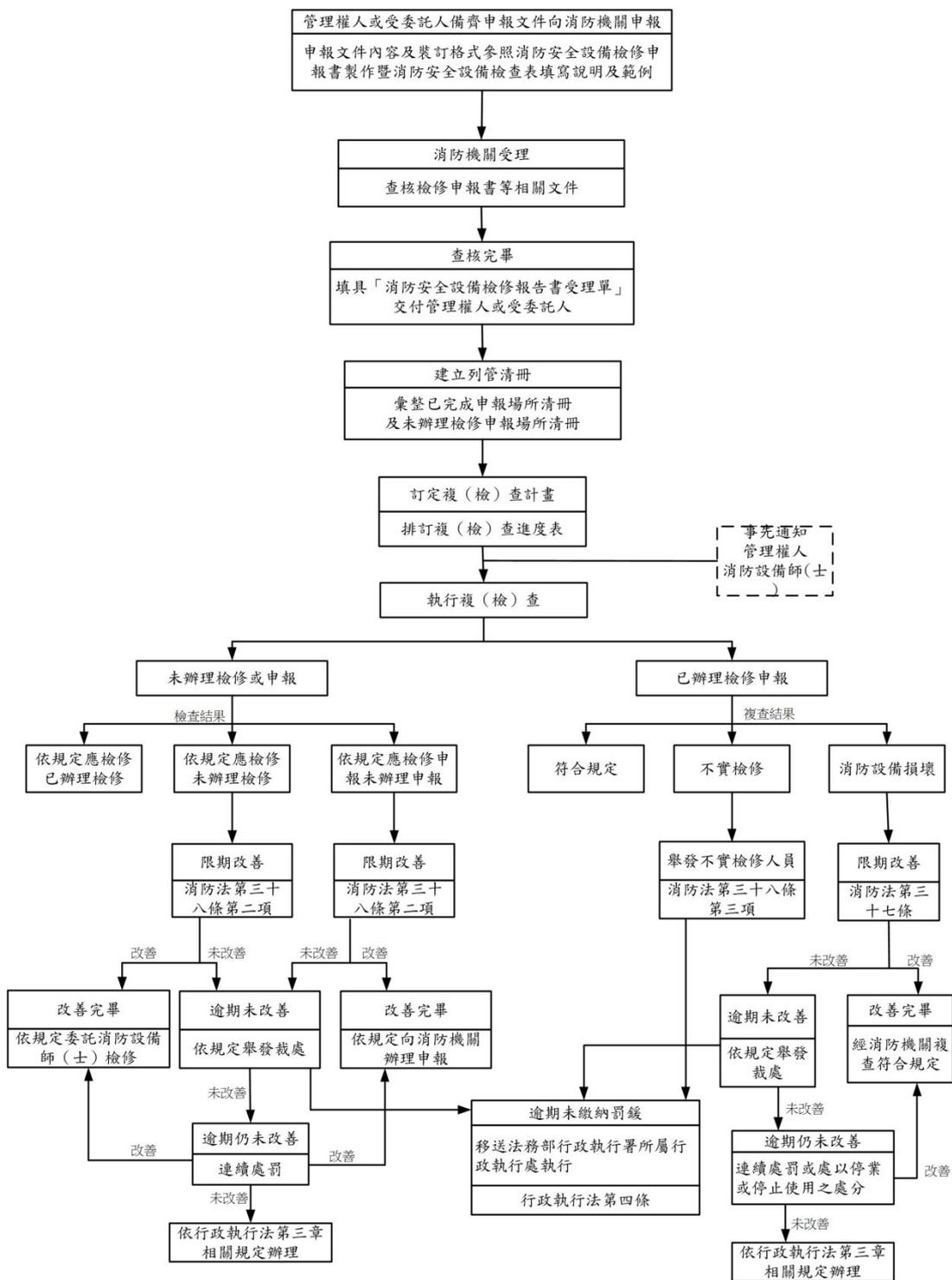


圖 3.1 受理消防安全設備檢修申報及複(檢)查流程圖

(資料來源：[102])

一、準備階段

管理權人依消防法第六條規定，管理權人需設置並維護消防安全設備，也就是須聘請消防專業機構(消防設備師(士)、消防設備專技人員)維持設備之正常運作，故平時須定期保養與加以檢修。而在事前檢修階段時，管理權人應於檢修申報截止日往前推算三十天前委託消防設備師(士)；高層建築物與地下建築物則必須委託檢修專業機構，並進行定約動作，最後須與檢修機構或消防設備師(士)討論其檢修之時間(如圖 3.2 所示)，並將其時間告知場所之有關人員。

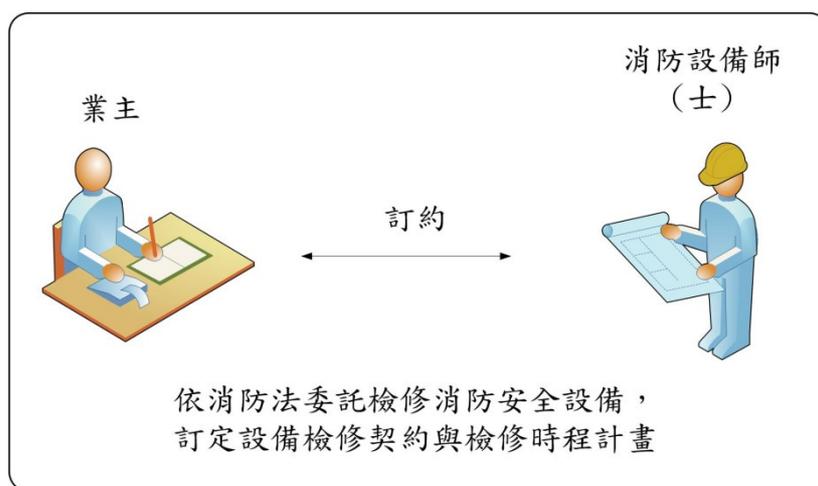


圖 3.2 訂定消防安全設備檢修合約示意圖

(資料來源：本研究繪製)

若是受檢修的場所無相關平面圖與歷史資料，則檢修機構或消防設備師(士)必須根據現場自行繪製。

二、檢修階段

在使用維護及檢修階段，依消防法規第九條明訂管理權人必須委託消防檢修專業機構，消防安全設備師(士)等專技人員執行消防安全設備之檢查及維護保養工作；若有檢修缺失，須加付改善計畫書(如圖 3.3 所示)，自行填載改善期限，由消防機關據此追蹤改善進度。因此在經過契約完成後，消防安全設備師(士)須依約履行定期負責維護、檢修及申報場所消防安全設備。首先消防安全設備師(士)必須收集場所的消防設備配置圖、場所用途說明文件及檢閱相關法令來了解此場所應設置之設備與設置基準等，並備妥相關檢修紀錄表(如：歷史檢修報告書、各類消防設備檢查表等)與檢修工具後前往場所檢修消防安全設備(如圖 3.4 所示)，依檢查表中各項目由各樓層逐一為消防設備做外觀檢查、性能檢查及綜合

檢查並填寫檢修結果，檢修期間消防安全設備師(士)亦會調閱過去檢修歷史紀錄作為檢修參考。當檢修完成後，便將檢修報告書、改善計畫書(檢修不合格則必須填寫改善計畫書)與主管機關受理申報收執單一併交付業主，業主則可委外透過維修或由原檢修單位進行維修，改善後則必須接受複檢。

消防安全設備改善計畫書(範例)

場所概要	場所名稱	○○○○大樓		
	地 址	○○縣○○市(鄉、鎮)○○里○○路○○號		
	建築物樓層	地下一層/地上十一層	申報場所樓層別	地下一層/地上十一層
	使用執照字號	○○第○○號	樓地板面積合計	○○○○○平方公尺
	使用執照用途	停車場、辦公室	實 際 用 途	停車場、辦公室
	營利事業登記證字號	○○第○○號	構 造	鋼骨結構
管理權人	姓 名	○○○	身分證字號	A111111111
	出生地	台灣省○○縣	出生日期	○○年○○月○○日
	通訊處	○○縣○○市(鄉、鎮)○○里○○路○○號		
	戶 籍 地	同上		
	電 話	(O)：02-11111111 (H)：02-22222222		
<p>一、消防安全設備不符規定之項目及內容：</p> <p>滅火器</p> <p>◎1F：(乾粉)6具(編號：2,3,5,7,8,9)藥劑過期，未設標示牌，皮管龜裂，無壓力，藥劑固化</p> <p>◎B1F：(CO2)2具(編號：26,27)未設標示牌</p> <p>◎2F：(海龍)1具(編號：28)無壓力</p> <p>二、採行改善措施：</p> <p>經本公司招商估價後已委由○○○○消防公司進行修復中。</p> <p>三、預定完成期限：</p> <p>預計92年12月15日改善完畢。</p>				
管理權人簽章	○○○			(簽章)

圖 3.3 消防安全設備改善計畫書範例

(資料來源：[102])

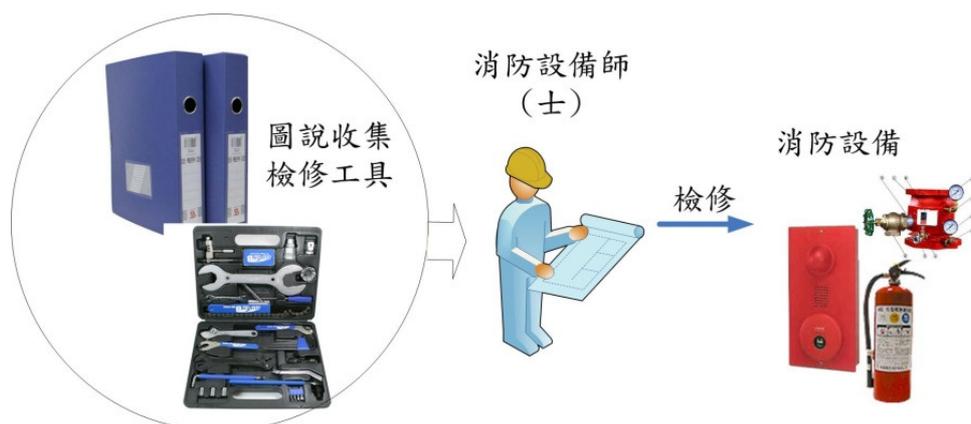


圖 3.4 現行檢修方式示意圖

(資料來源：本研究繪製)

三、內業階段

當受託之消防安全設備師(士)於檢修完成後，並會將紙本檢修紀錄由本人亦或是辦公人員轉換成電子化資料存檔，並列印做為「消防安全設備檢修報告書」(包括有各消防安全設備檢查表與改善計畫書)，將之交付給管理權人，管理權人便可得知其消防安全設備檢查之狀態結果，且應於檢修完成後十五日內，填寫消防安全設備檢修申報表與消防安全設備檢修報告書向當地消防機關進行申報作業，至此完成檢修申報(如圖 3.5 所示)。

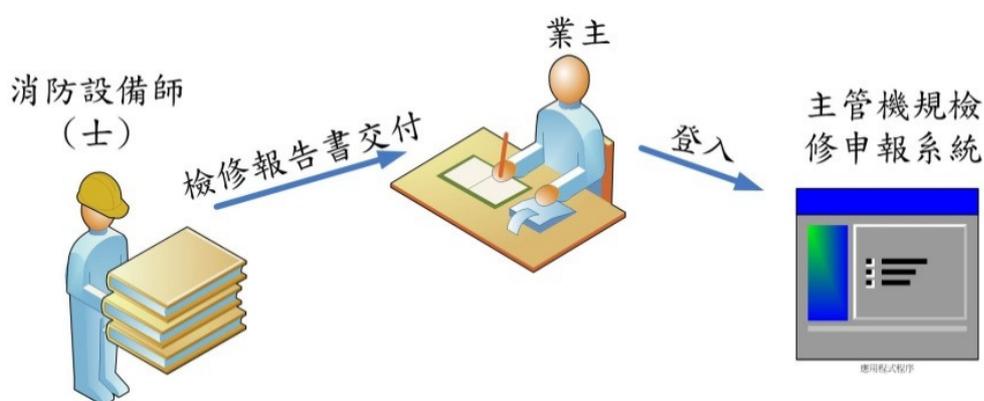


圖 3.5 檢修報告書交付與申報作業示意圖

(資料來源：本研究繪製)

另外依據各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準(如圖 3.6 所示)，管理權人申報其檢修結果之期限，其為各類場所消防安全設備設置標準規定之甲類場所者，每半年一次，即每年六月三十日及十二月三十一日前申報；甲類以外場所，

每年一次，即每年十二月三十一日前申報。至檢修之期限仍依消防法施行細則第六條第一項規定，甲類場所，每半年乙次，甲類以外場所，每年乙次。前項每次檢修時間之間隔，甲類場所不得少於五個月，甲類以外之場所不得少於十一個月。辦理消防安全設備檢修工作之消防設備師(士)或檢修機構，應製作消防安全設備檢修報告書交付管理權人。

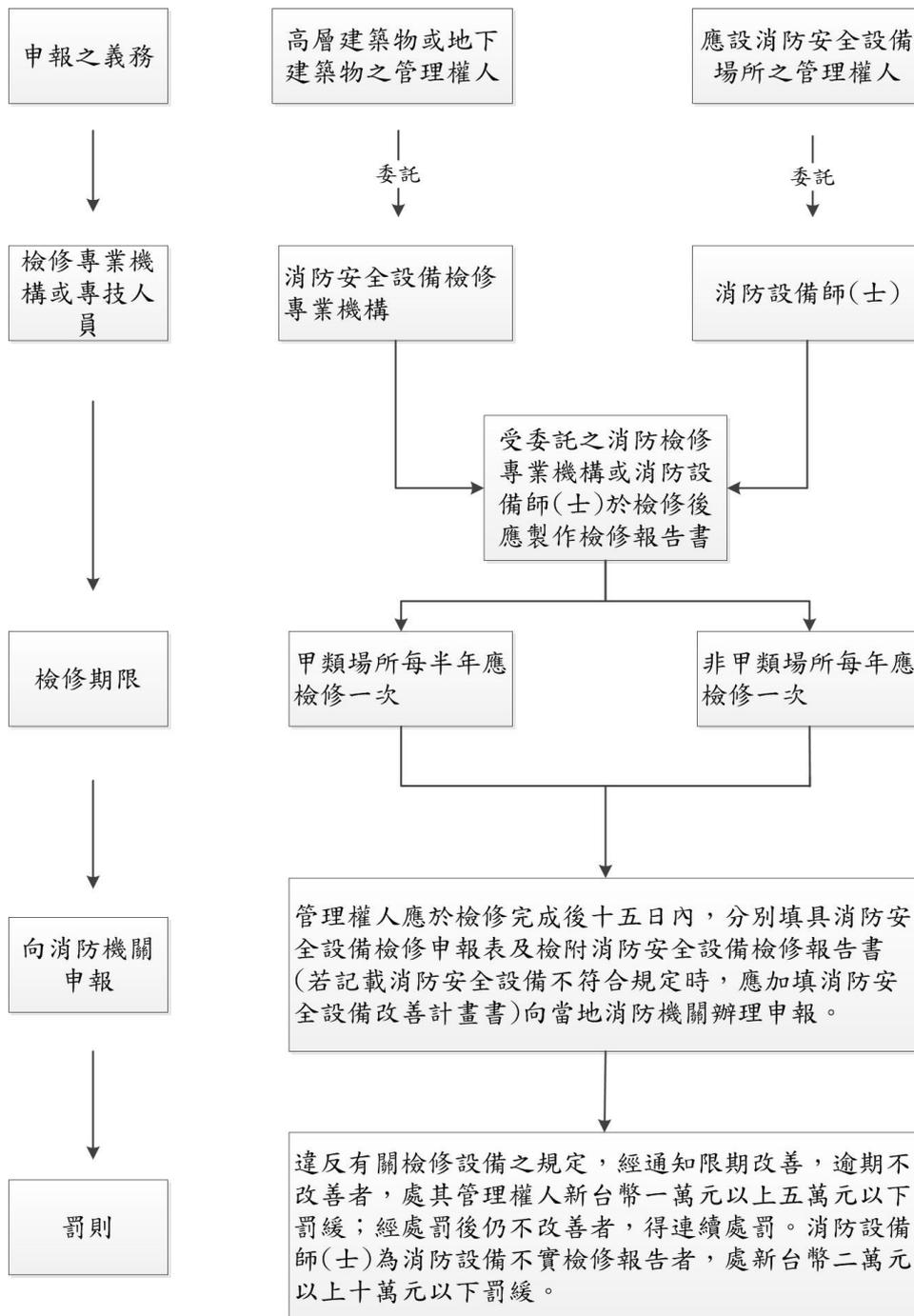


圖 3.6 消防安全設備檢修申報流程圖

(資料來源：[102])

四、現況問題探討

由消防檢修申報制度，了解其現行消防安全設備之檢修申報流程(如圖 3.7 所示)，管理權人必須委託消防安全設備檢修專業機構依法維護或檢修，但檢查消防設備流程中之缺失並不全然是自然因素，而是在人為方面反而占較高的比例，而就目前的檢修流程也許較無效率且存在些許問題，不管是設備的設置或是維護階段上，可能產生之錯誤、漏報及重覆等缺失，不僅造成檢查人員工作量增加，且可能導致隨意交差及流於形式等問題。本研究依消防安全設備之準備、檢修與內業階段彙整出下列現缺失，分別說明如下：

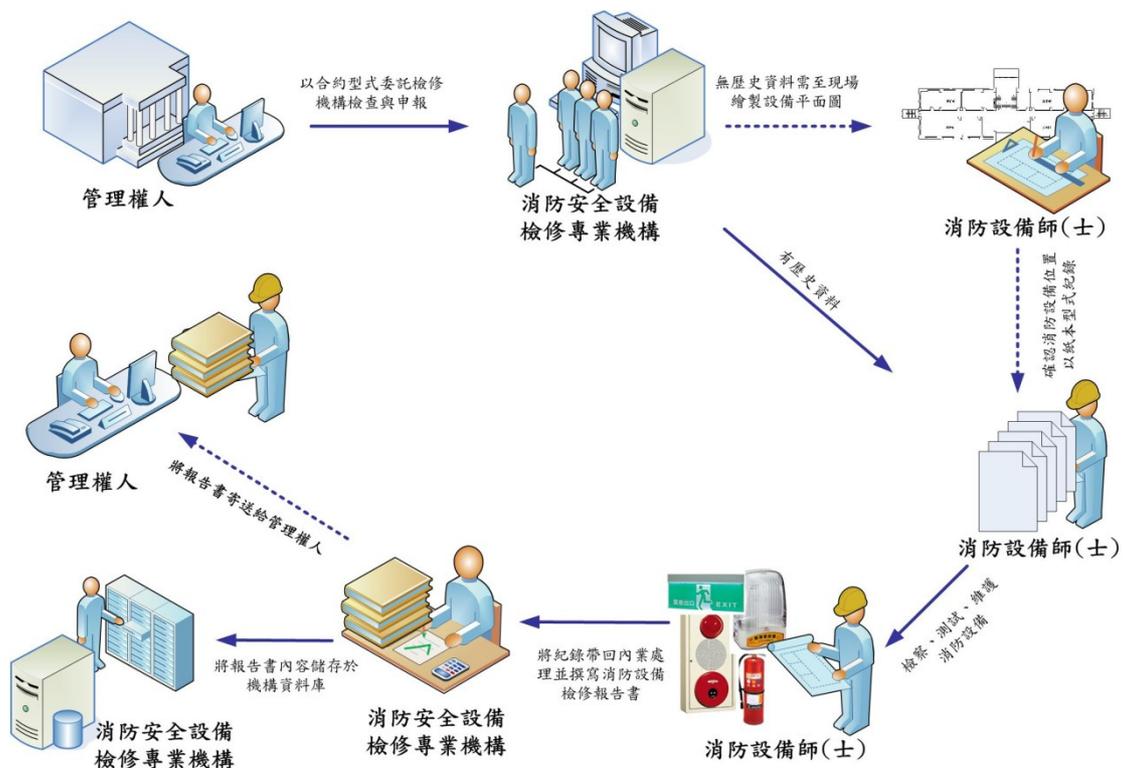


圖 3.7 現行消防設備檢修作業流程

(資料來源：本研究繪製)

1. 準備階段

- (1). 現今消防安全設備檢修專業機構通常會要求業主提供有關此建物相關設備資料或設備配置圖，以便使消防設備師(士)能快速瞭解此建物內所有相關消防設備的歷史資訊與平面位置圖，但多數之管理權人並無這些相關資料，或是由於是紙本儲存已相當破損，此時消防設備師(士)只能親自至現場繪製消防設備平面位置圖，如此在檢修準備過程中，多了時

間上的成本使之效率減低。

- (2). 當消防設備師(士)欲了解過去某設備的所有歷史資料，因為檢修報告書是以整棟為單位，再分別敘述需改善的設備，使之查閱時間便會增加。

2. 檢修階段

- (1). 消防安全設備師(士)除必須收集歷史檢修紀錄外，還另需攜帶有關消防設備文件圖說，因此在檢修階段易形成作業上之不便與效率減低。
- (2). 檢修報告書由於是文字表達，缺少與設備圖說相關性，無法表示缺失的消防設備之正確位置，致使可能造成業主與消防安全設備師(士)之資訊溝通表達錯誤。
- (3). 消防安全設備之檢修表格繁瑣，加上檢修項目總類許多，若是只以 2D 平面圖表示，可能因無法清楚標示設備之位置易造成消防安全設備師(士)檢修時之錯誤。
- (4). 各消防安全設備師(士)檢查設備時檢查頻率不一，若是沒有事前規劃或分配檢修設備與範圍，易產生遺漏檢查項目或是重複檢修的狀況。
- (5). 檢修過程中，無法了解某消防安全設備是否已完成檢修動作，使管理權人不能清楚及監控設備檢修之進度與維護狀況。
- (6). 由於是以紙本方式記錄檢修結果，再透過內業整理，造成工作量程序與時間成本的增加，且二次記錄過程容易產生人為之疏失而有紀錄錯誤之風險。
- (7). 透過歷史檢修報告，可使檢修人員了解設備維護的歷史，但由於消防設備師(士)進行檢修作業時皆使用紙本的方式記錄，再回內業將之整理成檢修報告書，檢修紀錄並未系統化的儲存，使得後續檢修或維護作業無法有效查詢歷史資訊。

3. 內業階段

- (1). 當檢修結果結束後，必須將記錄攜回辦公室由本人或辦公人員將之輸入電腦內存檔，但因二次記錄過程可能會造成人為疏失使得紀錄錯誤之風險。
- (2). 檢修報告書須由現場記錄完之紙本內容再轉換為報告書，此內業整理時，常發生同樣種類之設備資料重複填寫、錯誤的情況，彙整時間也因此增加許多。

第二節 BIM 導入消防安全設備檢修模式建立

透過前節所蒐集調查的現況得知，消防安全設備檢修作業仍多以人工作業為主，導致作業之效率與品質的提升具有相當的困難度，甚至產生瓶頸。因此，本節建立導入 BIM 於消防安全設備檢修作業之模式，藉由 BIM 的資訊化及視覺化改善整體作業流程，使業主及消防設備師(士)利用已建置完成的 BIM 模型快速地完成檢修作業及檢修申報。本研究將整體消防安全設備檢修作業分為三階段，分別為準備階段、執行階段及內業階段，以下將詳細說明各階段之使用模式。

1. 準備階段

若建築物於規劃、設計或施工階段已採用 BIM 概念，於竣工階段應已建構完成建築物的 BIM 模型，因此在例行的消防檢修申報時，可利用已建置完成的 BIM 模型進行檢修作業，提升檢修效率與品質，但 BIM 模型中含有大量的建築物資訊，而消防檢修作業僅需要部分的資訊，例如空間資訊、設備位置及設備資訊...等等。因此管理權人委託消防設備師(士)進行消防設備檢修時，雖應提供消防設備師(士)BIM 模型，但可依據檢修作業所需之模型資訊給予相關的功能權限，並於合約中明定消防設備師(士)不得利用模型於非檢修作業之用。透過合約的簽訂，使消防設備師(士)能夠取得檢修作業相關 BIM 模型，亦保護管理權人所提供的 BIM 模型資訊。在合約簽訂完成後，管理權人應依據合約中所規定的功能權限，提供相關的 BIM 模型給予消防設備師(士)；當消防設備師(士)取得 BIM 模型後，若該次檢修作業為第一次採用 BIM 模型進行作業，應協助業主建置 BIM-based 消防設備資料庫，若非第一次則直接連接該資料庫及可。BIM-based 消防設備資料庫主要目的在於紀錄消防設備檢修資訊，但此資料庫有別於以往的設備檢修資訊系統之資料庫，其以 BIM 模型為基礎，將 BIM 模型中的消防設備資訊輸出至該資料庫，並存放在管理權人所提供的網路空間(雲端)上，因此 BIM 模型的擁有者皆可透過網路連接該資料庫存取歷史維護紀錄或寫入新檢修狀況，且於模型中視覺化呈現設備外觀及設備位置。圖 3.8 示意整體授權 BIM 模型及建至資料庫模式。

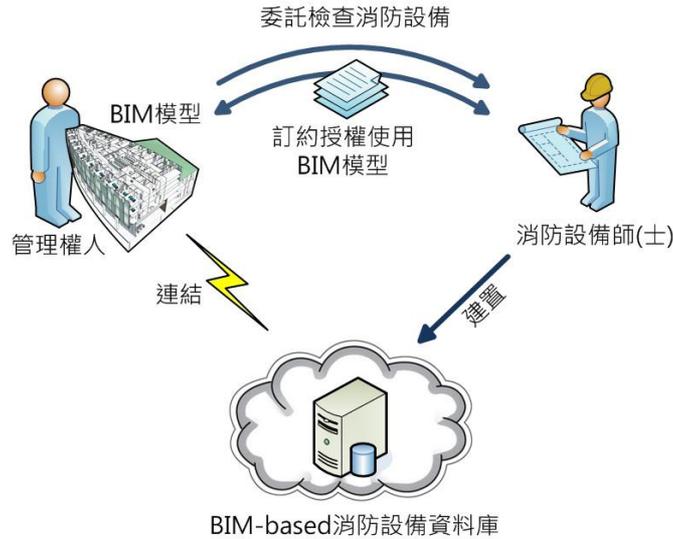


圖 3.8 授權 BIM 模型及建置 BIM-based 消防設備資料庫程序示意圖

(資料來源：本研究繪製)

在檢修作業規畫方面，傳統作業仍是由消防設備師(士)自行於建築物現場繪製相關設備位置於平面圖上，再回內業規劃檢修作業內容，使得消防設備師(士)需耗費大量的時間於事前準備工作上。藉由 BIM 概念的幫助，BIM 模型與實際建築物具有「所建即所得」之特性，因此消防設備師(士)可利用管理權人所提供的 BIM 模型，在內業中直接透過 BIM 模型規劃檢修內容，例如計算設備數量、輸出設備配置圖及規劃檢修時程計畫等，以便輔助實際執行檢修作業；本研究為有效管控檢修作業之時程，故將消防設備師(士)所規劃的檢修時程計畫上傳至 BIM-based 消防設備資料庫，並作為時程管控的依據(作業流程如圖 3.9 所示)。

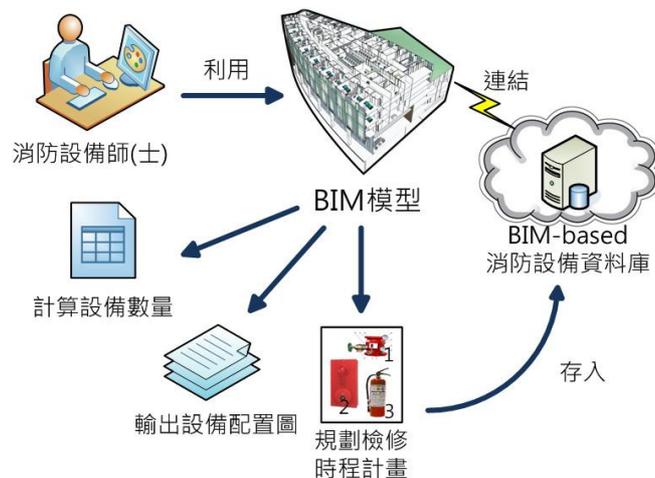


圖 3.9 利用 BIM 模型規劃檢修作業內容示意圖

(資料來源：本研究繪製)

2. 執行階段

利用 BIM 模型進行檢修作業時，本研究考量檢修作業的方便性，因此規劃平板電腦作為模型展示工具，而此平板電腦必須具有網路連線功能及 BIM 展示軟體，以便查閱歷史檢修資料及更新檢修狀況於 BIM-based 消防設備資料庫。圖 3.10 為本研究初步規劃的平板電腦使用者介面，消防設備師可透過平板電腦左邊瞭解設備外觀及設備位置，並在右邊的系統中參考歷史檢修資料進行檢修作業。本研究將使用 BIM 進行檢修作業的整體流程規劃為以步驟並整理為圖 3.11 所示，以下為各流程的詳細說明：

1. 消防設備師(士)攜帶平板電腦至檢修現場並開啟 BIM 模型與 BIM-based 消防安全設備管理系統；
2. 輸入檢修作業基本資料(如場所概要、管理權人資料)；
3. 利用 BIM 模型展示當天應檢修設備之消防設備位置圖(若消防設備師於準備階段已規劃檢修時程計畫)；
4. 依據 BIM 模型所提供的消防設備位置尋找實體位置；
5. BIM-based 消防安全設備管理系統列出設備基本資料及歷史檢修資料；
6. 消防設備師(士)將設備狀況及檢修結果輸入於系統上；
7. 檢修現場若有網路，則檢修資料直接寫入於伺服器資料庫；若無網路，則將檢修資料暫存於系統中，至具有網路的場所(如辦公室)再更新於伺服器資料庫中；
8. 重複步驟 3 至步驟 7 直到所有應檢修的消防設備檢修完成。

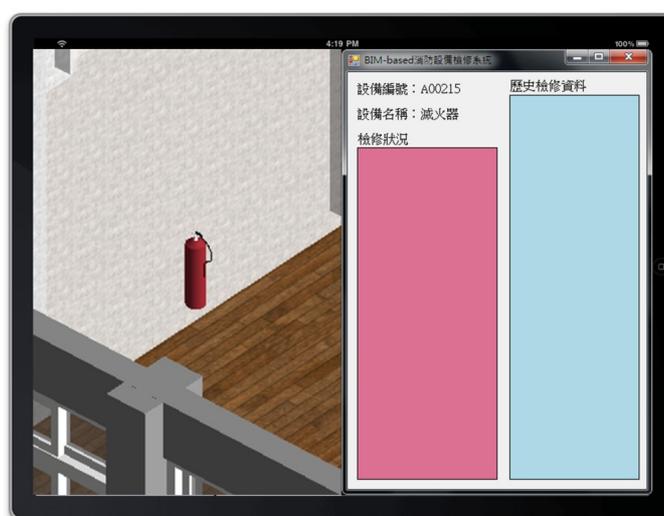


圖 3.10 平板電腦檢修介面示意圖

(資料來源：本研究繪製)

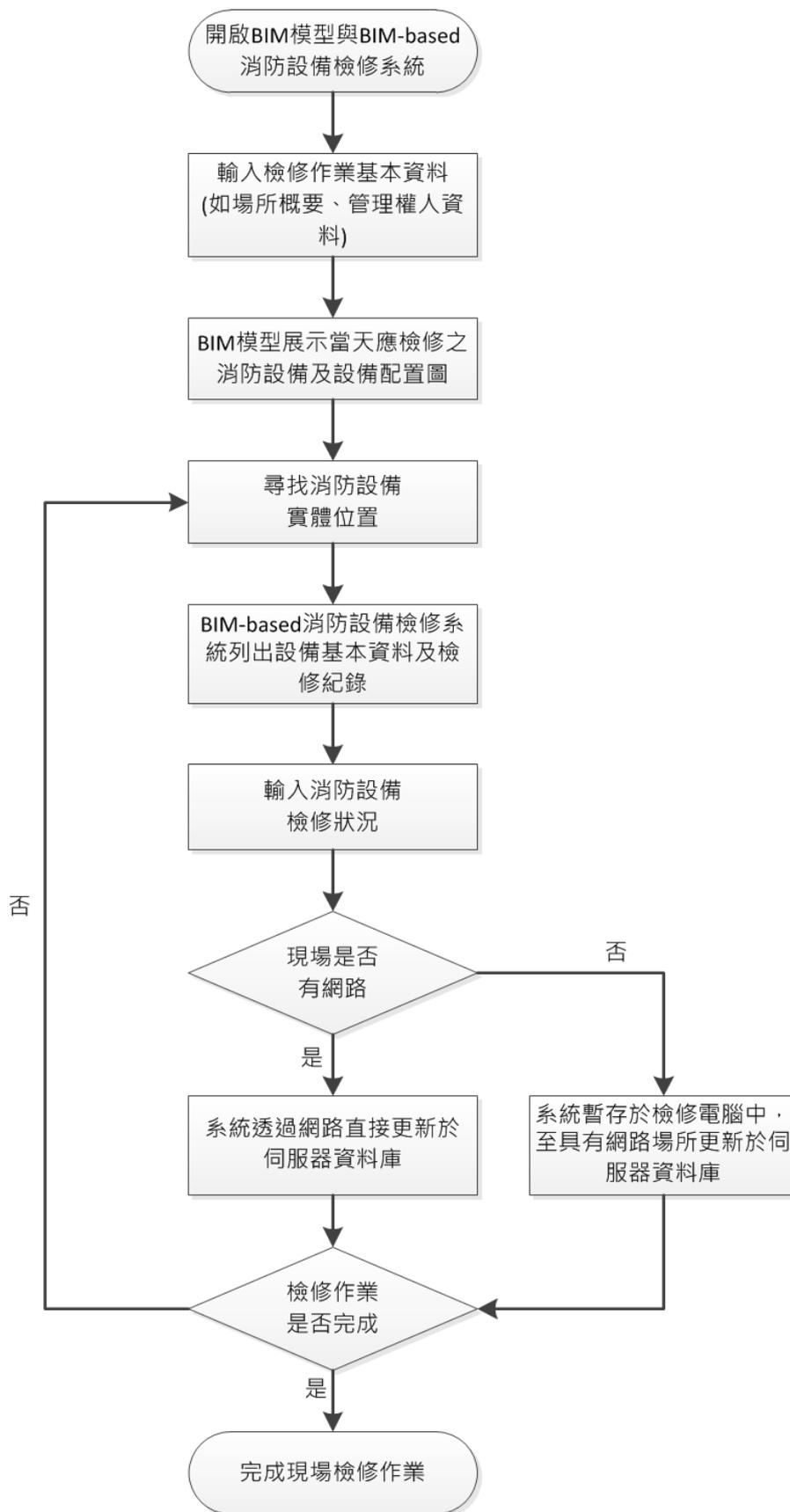


圖 3.11 使用 BIM 模型進行消防設備檢修流程圖

(資料來源：本研究繪製)

消防設備師(士)進行設備檢修時，若管理權人欲瞭解設備檢修進度及狀況時，僅需開啟 BIM 模型並連結雲端上的 BIM-based 消防設備資料庫，更新最新的檢修狀況，即可透過 BIM 模型視覺化呈現設備檢修進度及狀況(如圖 3.12 所示)。

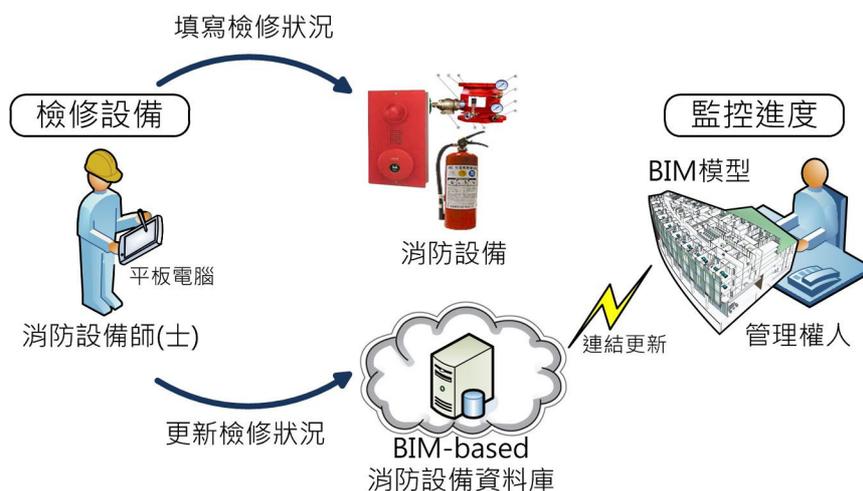


圖 3.12 利用 BIM 執行消防設備檢修作業示意圖

(資料來源：本研究繪製)

本研究將視覺化呈現內容分為兩大類，分別為設備狀況與檢修進度。在設備狀況部分，本研究依據各種狀況呈現設備模型，其狀況及顏色分為以下四大類：

1. 設備良好→綠色
2. 設備尚未檢修→藍色
3. 設備異常→黃色
4. 設備遺失→紅色

透過模型視覺化呈現設備狀況及檢修進度，使管理權人及消防設備師(士)容易地且快速地瞭解整體檢修作業的執行狀況(如圖 3.13 所示)。

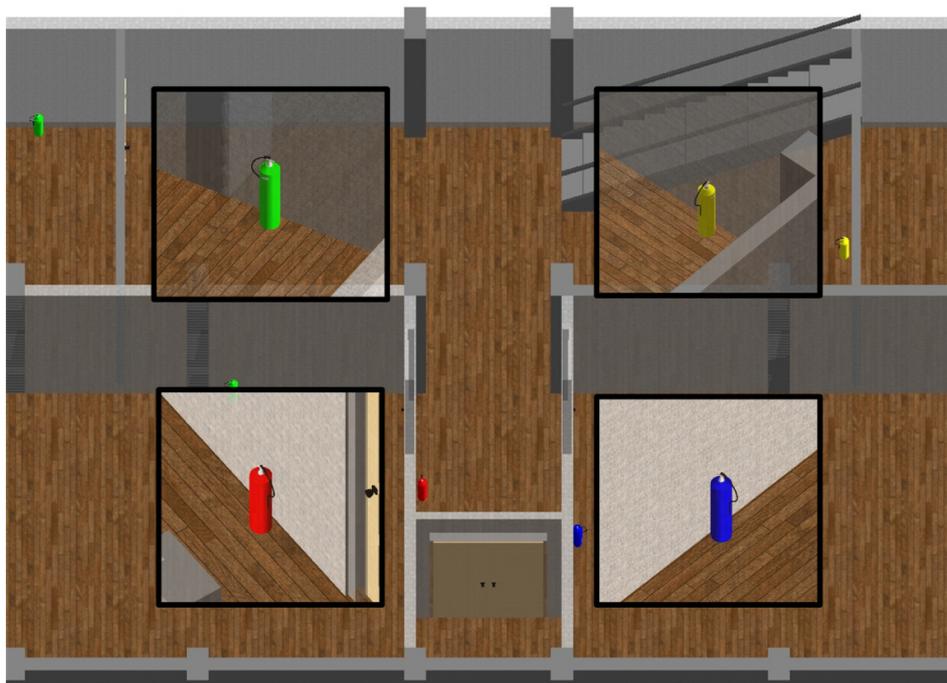


圖 3.13 設備狀況視覺化示意圖

(資料來源：本研究繪製)

3. 內業階段

當消防設備師(士)於現場完成所有設備檢修作業後，其 BIM 模型與 BIM-based 消防設備資料庫已存在該次檢修資訊，消防設備師(士)可透過該模型自動分析並產出檢修報告書所需之報表，例如消防安全設備檢查結果統計表、消防安全設備改善計畫書及消防安全設備檢修結果報表...等等，再整理為檢修報告書交付於業主，以利業主進行檢修申報作業(如圖 3.14 所示)。

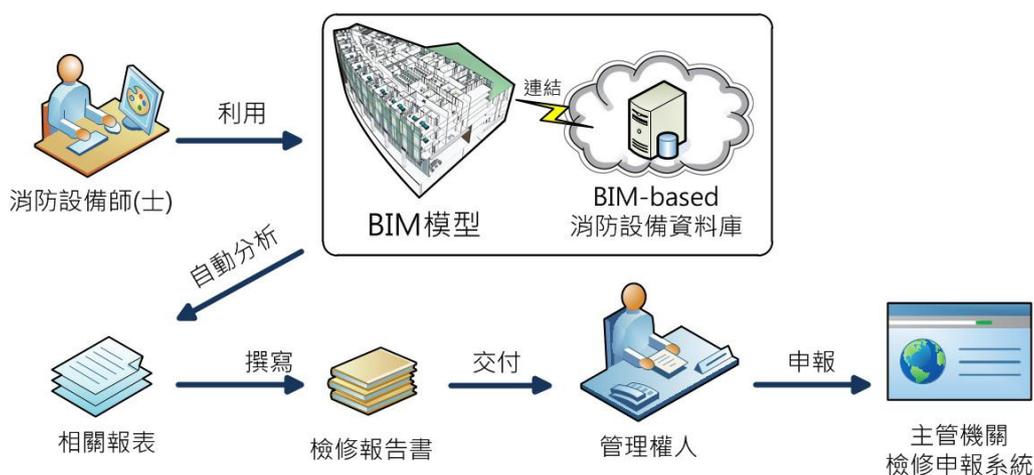


圖 3.14 檢修報告書撰寫及交付流程示意圖

(資料來源：本研究繪製)

第三節 應用設備選用與資訊需求確立

由內政部消防署所公布的各類場所消防安全設備之檢修項目，其種類繁多且檢修內容繁雜，在檢查內容繁多的狀況下，如何有系統地將現存檢查表格轉換為電子文件，並將相關檢修結果參數化，使檢修結果可透過 BIM 軟體與資料庫存取自動化統計及分析，是系統規畫階段的重要工作。因此，本節將針對本研究所選定的消防設備標的物進行一系列的分析與探討，確立各項標的物於 BIM 模型所需參數，作為檢修系統之資料庫設計時之依據。

一、消防安全設備選用

因消防設備種類與項目繁多，本研究將挑選對於 BIM 應用上較具有指標性價值的消防設備，作為後續實際導入研究的前導性研究。對於 BIM 應用的設備標的，考量有下列幾項。

- 檢查頻率高之設備
- 數量較多之設備
- 設置位置較不易掌握之設備
- 視覺化的呈現幫助設備管理效益較高之設備

在消防安全設備裡，滅火器可以說是最基本、最簡便的滅火設備。常見於公眾場所的各個角落。其對於保護場所內之生命財產安全，具有相當的貢獻。因此，不論規模大如摩天樓及小至一般網咖店等場所，雖因場所規模、面積、高度不同而設有不同的消防安全設備，但只有滅火器是絕對不能沒有的；此外，在較大型的公共空間裡，滅火器的數量動輒上百支且檢查頻率相當高。以台北車站地下停車場為例，3000 多坪的地下停車場以法規規定最少必須設置 100 多支有效滅火器，但在民國 100 年 3 月時，由民眾發現該地下停車場許多滅火器藥效之到期日期仍停留在 99 年，因此向相關單位與電視媒體進行檢舉；雖經查肇因於外包商管理疏失，導致藥效更換後遺漏更換滅火器上的更換日期與到期日期之情形發生，但在此事件中顯示出資訊不一致的現況問題。當事件發生後，管理權人無法利用已有資訊進行整理查證並立即處理，而需口頭聯絡承包商以了解檢修情形後，方能進行回應，造成社會輿論的發酵。此外，大型公共場所所設置的滅火器數量多且檢修頻率高時，管理權人要即時了解整體狀況實屬不易。

因此，本研究選用滅火器作為先期導入的消防設備，將針對滅火器檢修內容進行完整的導入說明，包含模型參數、檢修資料庫設計、應用模式及檢修程式設計，作為其他設備導入之參考。而本研究將 BIM 在滅火器上的應用規劃如表 3.1 所示，並在後續實際案例中，以本研究所規劃的應用模式示範如何應用 BIM 所帶來的效益，其主要應用內容皆以不改變現行作業流程為基礎，幫助管理權人及消防設備師(士)進行消防安全設備檢修作業。

表 3.1 消防安全設備研究標的及應用內容

設備類型	檢修週期	使用年限	設備圖片	BIM 應用內容
滅火器	每月	三年		<ol style="list-style-type: none"> 1. 展示各滅火器位置與歷史檢修資料 2. 儲存檢修資訊 3. 滅火器檢修狀態視覺化呈現 4. 自動監控藥效日期並視覺化呈現 5. 自動分析設置數量與設置間格 6. 自動統計檢修結果並產出滅火器檢查表

(資料來源：本研究整理)

二、消防安全設備檢修作業資訊需求分析

本研究將依據現行檢修作業之各項設備檢修項目為主，分析消防設備師(士)在檢修時需求之資訊，而本研究採用的檢修範例為內政部消防署所提供的「消防安全設備檢修申報填寫說明與範例」，應可符合現行消防設備師(士)在檢修中之資訊需求，使本研究開發的系統能夠更為貼切實務需要。以下將分別針對檢修作業及滅火器進行資訊需求分析：

● 檢修作業

由內政部消防署所提供的檢查表範例中，各表單皆須詳細記錄檢修器材及檢修人員基本資料，因此特此針對所需資訊進行分析，依據表 3.2 檢修作業基本資料表範例中整理檢修時必要資訊(如表 3.3 所示)，而所分析的資訊主要存放於消防設備檢修資料庫中。

表 3.2 檢修作業基本資料表範例

檢查器材	機器名稱	型式	校正年月日	製造廠商	機器名稱	型式	校正年月日	製造廠商
	固定台			○○公司	磅秤	CTY		○○公司
	拆卸板手			○○公司				
	內視鏡	FS		○○公司				
檢查日期		自民國 92 年 4 月 1 日至民國 92 年 4 月 11 日						
檢修人員	姓名	王○○	消防設備師(士)	證書字號	消士證字第○號	簽章	王○○ (簽章)	
	姓名		消防設備師(士)	證書字號		簽章		

(資料來源：[102])

表 3.3 檢修作業基本參數需求

紀錄項目	檢查器材	檢查日期	檢修人員
紀錄內容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 機器名稱 ➢ 型式 ➢ 校正年月日 ➢ 製造廠商 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 日期 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 姓名 ➢ 職稱 ➢ 證書字號

(資料來源：本研究整理)

- 滅火器

本研究依據表 3.4 滅火器檢查表範例整理單一滅火器於檢修時所需參數(如表 3.5 所示)，其中設置數量及設置間格需由整體單一樓層方能進行判定，因此不列入單一滅火器所需參數。

表 3.4 滅火器檢查表範例

滅 火 器 檢 查 表										
檢 修 項 目		檢 修 結 果						處 置 措 施		
		滅 火 器 的 種 別					判 定			不 良 狀 況
		A	B	C	D	E				
外 觀 檢 查										
設 置 狀 況	設 置 數 量	○		○	○		○			
	設 置 場 所	○		○	○		○			
	設 置 間 隔	○		○	○		○			
	適 用 性	○		○	○		○			
標 示		⑥		②	○		8	A.C 未設標示牌、 A 藥劑過期	A.C 補設、 A 更換藥劑	
滅 火 器	本 體 容 器	○		○	○		○			
	安 全 插 梢	○		○	○		○			
	壓 把 (壓 板)	○		○	○		○			
	護 蓋 (加 壓 式)	/		/	/		/			
	皮 管	②		○	○		2	A 皮管龜裂	A 更換	
	噴 嘴 等	○		○	○		○			
	壓 力 指 示 計	②		/	①		3	A.D 無壓力	A 充壓 D 淘汰	
	壓 力 調 整 器 (輪 架 型)	/		/	/		/			
	安 全 閥	/		○	/		○			
	保 持 裝 置 (掛 勾 或 放 置 箱)	⑤		①	○		6	A.C 未固定	A.C 補設	
	車 輪 (輪 架 型)	/		/	/		/			
	氣 體 導 入 管 (輪 架 型)	/		/	/		/			
性 能 檢 查										
本 體 容 器 內 筒	本 體 容 器	○		/	/		○			
	內 筒	/		/	/		/			
	液 面 指 示	/		/	/		/			
滅 火 藥 劑	性 狀	①		/	/		1	A 藥劑固化	A 更換	
	滅 火 藥 劑 量	○		○	○		○			
加 壓 用 氣 體 容 器		/		/	/		/			
壓 把 (壓 板)		○		/	/		○			
皮 管		○		/	/		○			
開 閉 式 噴 嘴 等		/		/	/		/			
壓 力 指 示 計		○		/	/		○			

壓力調整器 (輪架型)	/		/	/		/		
安全閥	/		/	/		/		
封板	/		/	/		/		
墊圈	○		/	/		○		
虹吸管及 氣體導入管	○		/	/		○		
過濾網	/		/	/		/		
放射能力	○		/	/		○		
備註	◎ 1F:(乾粉) 6具(編號:2,3,5,7,8,9) 藥劑過期,未設標示牌,皮管龜裂,無壓力,藥劑固化 ◎ B1F:(CO2) 2具(編號:26,27)未設標示牌 ◎ 2F:(海龍) 1具(編號:28)無壓力 滅火器位置詳見各層設備平面圖							
備註:A:乾粉滅火器、B:泡沫滅火器、C:二氧化碳滅火器、D:海龍滅火器、E:水滅火器。 1. 應於「種別」欄內填入適當之項目。 2. 檢查合格者於判定欄內打「O」;有不良情形時於判定欄內打「X」、並將不良情形填載於「不良狀況」欄。 3. 對於不良狀況所採取之處置情形應填載於「處置措施」欄。 4. 欄內有選擇項目時應以「O」圈選之。								

(資料來源:[102])

表 3.5 滅火器檢修需求參數

檢修項目	設置狀況	外觀檢查	性能檢查
檢修內容	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 設置場所 ➢ 適用性 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 標示 ➢ 本體容器 ➢ 安全插梢 ➢ 壓把(壓板) ➢ 護蓋(加壓式) ➢ 皮管 ➢ 噴嘴等 ➢ 壓力指示計 ➢ 壓力調整器(輪架型) ➢ 安全閥 ➢ 保持裝置(掛勾或放置箱) ➢ 車輪(輪架型) ➢ 氣體導入管(輪架 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 本體容器 ➢ 本體容器內筒 ➢ 本體容器液面指示 ➢ 滅火藥劑性狀 ➢ 滅火藥劑量 ➢ 加壓用氣體容器 ➢ 壓把(壓板) ➢ 皮管 ➢ 開閉式噴嘴等 ➢ 壓力指示計 ➢ 壓力調整器(輪架型) ➢ 安全閥 ➢ 封板 ➢ 墊圈 ➢ 虹吸管及氣體導入

		型)	管 ➤ 過濾網 ➤ 放射能力
檢修結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 種別 <ul style="list-style-type: none"> ■ 乾粉滅火器(A) ■ 泡沫滅火器(B) ■ 二氧化碳滅火器(C) ■ 海龍滅火器(D) ■ 水滅火器(E) ➤ 容量 ➤ 判定 ➤ 不良狀況 ➤ 處置狀況 		

(資料來源：本研究整理)

由表 3.5 瞭解滅火器檢修作業除了外觀檢查及性能檢查外，亦要針對整體設置狀況進行檢查，檢查規則依據「各類場所消防安全設備設置標準」中所規定的各項條件為基礎，包含設置數量、設置間隔、設置場所及適用性等四大項，消防設備師必須判斷建築物整體或單一樓層的滅火器設置數量及設置間格。滅火器應符合國家標準(以下簡稱 CNS)一三八七規定，有關設置數量及設置間格之法條規定，本研究整理如下列所示：

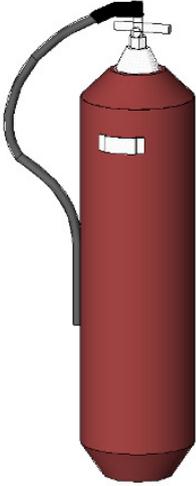
1. 視各類場所潛在火災性質設置，並依下列規定核算其最低滅火效能值：
 - (1) 供第十二條第一款及第五款使用之場所，各層樓地板面積每一百平方公尺(含未滿)有一滅火效能值。
 - (2) 供第十二條第二款至第四款使用之場所，各層樓地板面積每二百平方公尺(含未滿)有一滅火效能值。
 - (3) 鍋爐房、廚房等大量使用火源之處所，以樓地板面積每二十五平方公尺(含未滿)有一滅火效能值。
2. 電影片映演場所放映室及電氣設備使用之處所，每一百平方公尺(含未滿)另設一滅火器。
3. 設有滅火器之樓層，自樓面居室任一點至滅火器之步行距離在二十公尺以下。
4. 大眾運輸工具每輛(節)配置一具。

因此，本研究除了考量滅火器基本資料以及檢修項目外，滅火器之設置場所及設置位置亦是本研究重要的參數。設置場所主要用來判別該場所在各層樓地板面積每多少平方公尺(含未滿)需要有一滅火效能值，當設置場所確定後，即可透過 BIM 模型自動計算各樓層樓地板面積並計算所需滅火數量；而設置位置主要用來判別滅火器與滅火器之間的間隔及範圍是否符合規範，若滅火器實際設置位置與 BIM 模型中設置位置相同，即可透過模型自動分析滅火器在該樓層的設置狀況。藉由以上參數，消防設備師將可省去許多的計算分析時間，如樓地板面積計算及設置間隔計算。

當消防設備師完成所有滅火器的各項檢修內容(如表 3.6 所示)，並由 BIM 模型自動分析檢查設置狀況，則滅火器檢修報表將可自動產出。此外，本研究為完整記錄歷史檢修資訊，因此將參數分為兩大部分，分別為滅火器基本資料及檢修資料，基本資料將建立在 BIM 設備模型中，而檢修資料將建立在資料庫中。如此一來，BIM 模型提供了完整的設備資訊，而資料庫紀錄了完整的檢修紀錄，不使歷史檢修紀錄受到刪除或覆蓋的可能。滅火器檢修參數儲存位置規劃如下表所示：

表 3.6 滅火器資訊參數寫入位置規畫表

寫入位置	寫入資訊參數	
資料庫	外觀檢查	性能檢查
	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 標示 ➢ 本體容器 ➢ 安全插梢 ➢ 壓把(壓板) ➢ 護蓋(加壓式) ➢ 皮管 ➢ 噴嘴等 ➢ 壓力指示計 ➢ 壓力調整器(輪架型) ➢ 安全閥 ➢ 保持裝置(掛勾或放置箱) ➢ 車輪(輪架型) ➢ 氣體導入管(輪架型) 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 本體容器 ➢ 本體容器內筒 ➢ 本體容器液面指示 ➢ 滅火藥劑性狀 ➢ 滅火藥劑量 ➢ 加壓用氣體容器 ➢ 壓把(壓板) ➢ 皮管 ➢ 開閉式噴嘴等 ➢ 壓力指示計 ➢ 壓力調整器(輪架型) ➢ 安全閥 ➢ 封板 ➢ 墊圈 ➢ 虹吸管及氣體導入管

		<ul style="list-style-type: none"> ➤ 過濾網 ➤ 放射能力
<p>滅火器模型</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 設置編號 ➤ 設備型號 ➤ 製造廠商 ➤ 設置位置 ➤ 設置日期 ➤ 藥劑年限 ➤ 藥劑更換日期 ➤ 滅火器種別 ➤ 容量 ➤ 型式 ➤ 乾粉重量 ➤ 容器重量 ➤ 總重量 ➤ 滅火值 ➤ 射程、時間 ➤ 耐水壓 	<p>模型圖片</p> 

(資料來源：本研究整理)

第四節 小結

本章節首先探討現行消防安全設備檢修的作業流程，並根據檢修過程中分各階段了解現行作業狀況，並從中分析每一個階段會遭遇到的問題點，而設法將這些問題點解決，透過 BIM 模型建置導入與各消防設備的資料庫設定後，藉由此系統改善各檢修階段之不便處，整體改善現行消防安全設備檢修流程，使消防設備師(士)能夠利用此 BIM 之概念與模型的建置幫助檢修作業有效率的進行，進而改善傳統作業所產生的不便；此外，也能從 BIM 模型中取得所需之相關資料與歷史紀錄作為檢修作業參考之依據，藉由 3D 之視覺化使能清楚了解消防設備之位置，將檢修結果更新於模型中，最後透過系統與資料庫資訊自動產出報表，達到簡化原有檢修作業後之內業彙整工作。而本研究所提出的 BIM 導入檢修作業模式架構，能夠促進檢修資訊的流通，當開啟 BIM 模型並連接雲端的 BIM-based 消防設備資料庫，即能夠使管理權人透過 BIM 模型視覺化了解建築物檢修進度及狀況，也能快速查詢或印製歷史檢修資訊，使可

供往後檢修作業參考依據及使用。而本研究所提出的模式架構，經由本研究多次專家訪談討論後，並依據專家之建議進行部份修正，以不影響現行規範之消防設備檢修流程為原則，藉由利用 BIM 模型之優點與利益，使消防設備檢修流程作業能符合實用性標準並提升其現行檢修效率。

第四章 BIM 模型建置需求

本研究之目的係為將資訊系統導入 BIM 模型當中，並且善用 BIM 模型中的各項位置資訊與設備資訊，使檢修人員能夠直接透過 BIM 模型即可對檢修標的執行檢修做出紀錄。但系統之運行的前提是必須有一個已建置完成之 BIM 模型，因此在系統導入之前必須先執行建模的動作。此章節主要探討透過 BIM 概念應用於消防設備檢修作業時，BIM 模型在建置時需進行的前置作業及基本需求，如需建置之構件、各構件的細緻程度與參數需求。本研究將此章分四個部分進探討，分別為 BIM 模型細緻程度規劃、BIM 模型建置的基本流程、BIM 模型軟體及 BIM 模型元件建置。

第一節 BIM 模型細緻程度規劃

一、 建置範圍與細緻程度

BIM 模型之建置細緻程度(Level of Detail, LOD)現今已有英國 AEC(UK)以及美國建築學會(AIA)組織提出相關定義與標準，本計畫對於兩組織提出之定義與標準做相關整理並提出兩組織之定義標準相似部分，並且將本計畫 BIM 建築、結構、機電模型建置範圍與 BIM 模型元件建置細緻程度做相關說明。

1. 美國建築師學會(American Institute of Architects, AIA)

此學會於 2008 年制定了一份 E202 文件或稱作建築資訊模型議定規章。用來對專案模型建立協議、訂定模型中元件之權責及元件在專案各個階段的發展程度。AIA 將模型細緻程度分為五階段，各分別為 LOD 100、LOD 200、LOD 300、LOD 400 及 LOD 500，每一階段 LOD 模型內容必須符合所訂定的精度要求。以下針對每一階段 LOD 做說明[97]：

● LOD 100

專案中 LOD 100 作為重要的專案量體評估研究，評估專案的面積、高度、體積、位置和坐向。此階段通常不考慮任何實際上專案細節，只考量量體發展，如下圖 4.1 所示即為 LOD 100 模型細緻程度示意圖。此階段的模型細

緻程度通常是用於專案前期規劃、視覺方案研究及基本的成本估價，當於 LOD 100 作業時，建築專案無太多的資訊，僅包含少部分標註讓業主大略知道專案面積、體積或形體。

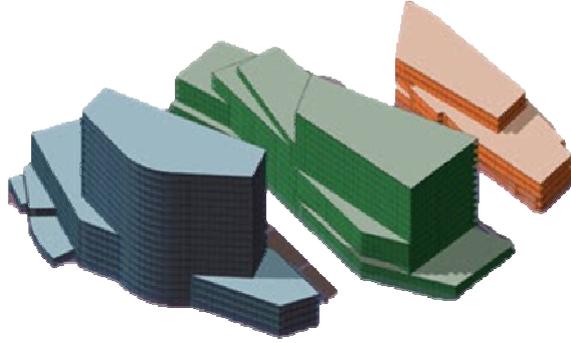


圖 4.1 LOD 100 模型細緻程度示意圖

(資料來源：[92])

- LOD 200

LOD 200 包含專案內部大部分的建築元件，集合大約的數量、尺寸、外觀、位置及坐向。此模型細緻等級可將非圖形的資料加入到元件裡。並且將專案主要的物件如牆、樓板、天花板、屋頂及開口等加入至專案(如下圖 4.2 所示)。至於元件所使用的材質及樣式在此階段並未明確定義。某些情況下部分元件已確定尺寸，部分則還未確定。例如專案中牆壁上或是屋頂上的開口在 LOD 200 還未定義是否為門、窗或天窗等，並且大致清楚元件的厚度和更準確的空間配置和專案尺寸，元件僅代表專案中的位置，在此細緻程度可分析各元件的呈現效果，決定最佳元件使用，並且依面積、體積、元件數量進行成本估算。

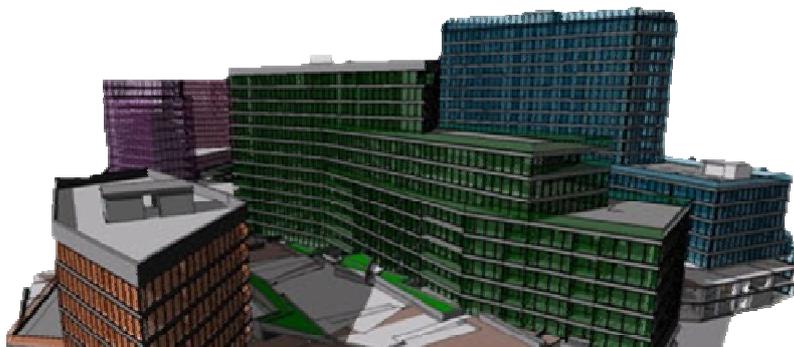


圖 4.2 LOD 200 模型細緻程度示意圖

(資料來源：[93])

- LOD 300

LOD 300 所呈現的元件可知道精準的參數，如數量、尺寸、外觀、位置及坐向等，其細緻程度可能不會包含正確的物件或是內部的材質(如下圖 4.3 所示)，但是能為物件加入特定資料、參考標註、限制或規格表，以生成相關施工文件。LOD 300 所呈現出來的細緻程度已有足夠的資料對專案內的物件做更詳細的系統分析，特定的成本估算和施工文件可以藉由 LOD 300 之模型產生。目前大多數 BIM 作業以 LOD 300 呈現，所以以 LOD 300 建立模行為絕佳的基準點，一開始即可展示個別物件的細節，但對物件吊裝及維護並無更詳細資料。



圖 4.3 LOD 300 模型細緻程度示意圖

(資料來源：[94])

- LOD 400

在 LOD 300 之後之細緻等級，LOD 400 之 BIM 物件必須包含或是已有相關細節資訊如 2D 平面設計視圖、組裝順序及製造。模型元件必須有足夠的精度能製作出可以作為施工參考的施工文件，對模型做更準確之分析和包含準確的單價資料。LOD 300 和 LOD 400 最主要差別為在相同物件內所包含的資訊數量多寡及物件本身是否有內嵌或外連 2D 平面視圖，如下圖 4.4 所示為 LOD 400 模型細緻等級。

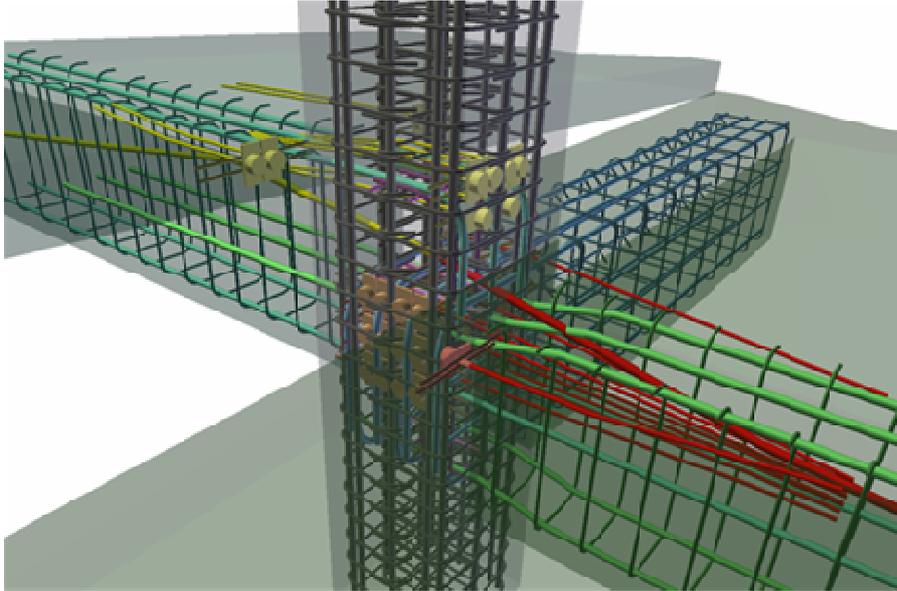


圖 4.4 LOD 400 模型細緻程度示意圖

(資料來源：[95])

- LOD 500

LOD 500 為呈現出模型元件最精確的模型細節(如圖 4.5 所示)。但一般模型不需要精細到此等級的模型細節，除了元件細部的呈現以外其他地方並不多見，通常此模型細緻程度元件是依附在專案模型中，用於需要細緻程度之細部詳圖視圖中。大部分情況來說建置 LOD 500 模型不一定必要，因為 LOD 500 模型中的許多資訊是許多建築師不會用到的。專案模型中 BIM 元件是從建築師或設備製造商所建置提供的，所以他們只會依照建築師的需求而非設備製造商來建置元件。

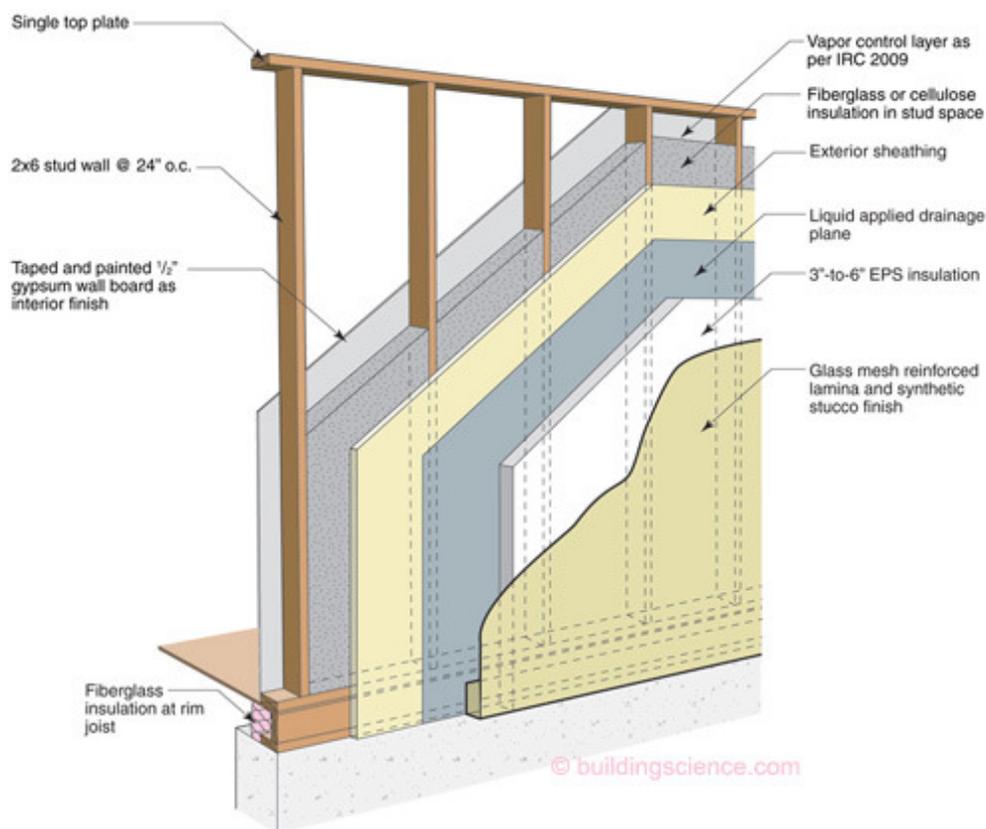


圖 4.5 LOD 500 模型細緻程度示意圖

(資料來源：[96])

2. 英國 AEC (UK) BIM Standard

此組織於 2011 年 4 月提出對於 BIM 的施行準則，對於其模型建置之深化程度分為三個等級，分別為第一級、第二級、第三級，各等級如圖所示，以下將針對每級做介紹，了解各級所需建置涵蓋之範圍[107]。

● 第一級組成：概念

此等級之模型細緻程度最低，僅包含簡單的點陣圖元，簡單可辨識之外型，粗略之尺寸不包含任何資訊，其元件材質也統一一致，為建模初期之元件型態，通常其細節為 1:500-1:200(如圖 4.6 所示)。

● 第二級組成：定義

此等級包含元件相關的資料以及技術資訊，其建模之細緻程度可辨識出椅子之類型以及其元件材質，且通常包含二為之細節，較適合產生合適比例之 2D 平面圖，通常選擇此級作為模型建置之依據，即可滿足許多專案之要求，其細節包含 1:200-1:50(如圖 4.6 所示)。

● 第三級組成：渲染

此級之模型細緻程度最高，可輸出元件非常詳細之資訊，但針對產生2D平面圖或標註而言，第二級與第三級是相同的，只有在三維視覺化時才能看出此第二級與第三級之區別，根據需求不同其細節包括1:5 or 1:1(如圖4.6所示)。

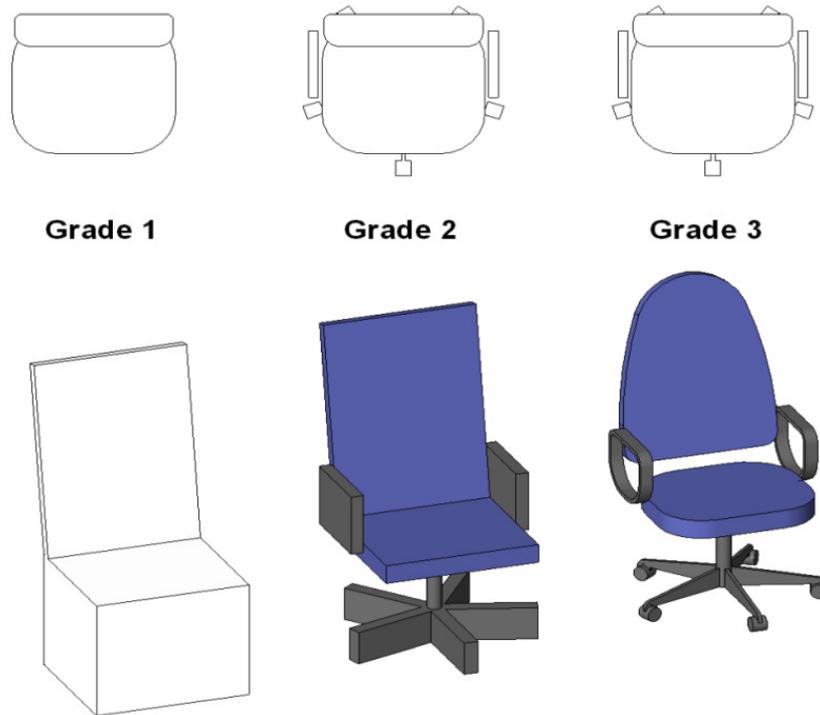


圖 4.6 英國 AEC(UK) BIM Standard 之元件第三級組成圖示

(資料來源：[107])

因美國建築師學會以及英國 AEC (UK) 提出兩種模型建置程度，本研究根據上文所描述將兩者相似處分類。根據上述美國 AIA 提出 LOD100 至 LOD200 定義為大略知道形體且其材質樣式均並未定義之程度與英國 AEC (UK) BIM Standard 所提出之模型深化程度第一級組成之定義類似，故本研究將美國 AIA 所提之 LOD100 與 LOD200 程度，歸類為英國 AEC (UK) BIM Standard 所提之模型深化程度第一級。而 LOD300 之定義可得知元件精準參數並且得知元件的數量尺寸外觀等資訊，可辨識物件之細節，通常 BIM 建模多以此 LOD300 為基準點，其與英國 AEC (UK) BIM Standard 所提出之模型深化程度，第二級組成之定義類似，故本計畫將美國 AIA 所提之 LOD300 程度歸類為英國 AEC (UK) BIM Standard 所提之模型深化程度第二級。對於 LOD400 與 LOD500 之定義與英國 AEC (UK) BIM Standard 所提之模型深化程度，第三級組成之定義類似，故

本計畫將美國 AIA 所提之 LOD400 至 LOD500 模型細緻程度歸類為英國 AEC (UK) BIM Standard 所提之模型深化程度第三級，上述之各程度分類(如表 4.1 所示)。

表 4.1 AIA 與 AEC(UK)之模型細緻程度分類

美國建築師學會	英國 AEC (UK)
LOD 100	第一級組成：概念
LOD 200	
LOD 300	第二級組成：定義
LOD 400	第三級組成：渲染
LOD 500	

(資料來源：本研究整理)

二、BIM 模型於消防設備檢修作業細緻程度需求分析

消防設備檢修作業之 BIM 模型建置作業包括結構、建築及 MEP 三種分類。結構方面包括柱、樑、牆及樓板，建築裝修面則涵蓋門、窗、裝修牆及樓梯整元件之建置。而結構及建築裝修之建置目的在於提供檢修人員建物之三維空間概念以及樓層空間配置，因此其細緻程度依照美國建築學會所提出之模型細緻程度分類(如下表 4.2 所示)。以 LOD 200 之精細程度建置結構與建築的情況下，模型即有足夠的能力詮釋使用空間之分布。使檢修人員能夠憑藉空間之形狀以及概略的房間尺寸大小判斷當下之空間地點。進一步則可以將空間名稱標籤標示於模型中，則可以讓檢修人員以文字之敘述了解空間分布情形。

表 4.2 BIM 模型結構、建築建置之細緻程度需求

分類	名稱	建置模型細緻程度
結構	柱	LOD 200
	樑	LOD 200
	結構牆	LOD 200
	版	LOD 200

建築	門	LOD 200
	窗	LOD 200
	隔間牆	LOD 200
	樓梯	LOD 200

(資料來源：本研究整理)

MEP 部分之模型建置因研究範圍限制於消防元件之維護，所以在機電部分只選取消防管線及消防設備作為模型建置標的。本研究系統為協助檢修人員能夠透過視覺化的模型快速得知檢修標的之位置，在元件建置時必須考慮到元件的外觀必須能夠讓檢修人員以視覺之方式辨識出消防元件之種類。此外維護人員運行系統時，系統會從模型資料庫當中撈取維護時所需要之相關參數並且將過去的維護資料顯示於系統中，也能夠讓維護人員將該次之維護資料寫入模型中；因此必須在元件模型當中寫入參數化的資料，以利往後系統與模型間之溝通。本計畫 BIM 模型建置對於消防設備所建置之模型細緻程度，根據美國建築師學會所訂定的整合模型交付手冊 (AIA/AIACC IPD GUIDE) 定義其消防設備所需要的模型細緻程度(如下表 4.3 所示)。在 AIA 及 AEC 的規範當中將模型之外觀及內部的參數當作是細緻等級之指標，但在實際元件的建置過程當中發現並不是每一個元件的外觀與內部資訊都呈現完全對稱之情形。因此在元件的部分本研究將細緻等級拆解成視覺外觀及元件參數兩個部分作為本研究需求之區別。

表 4.3 消防設備檢修作業之 BIM 模型細緻程度需求

	模型細緻程度 (LOD)	
消防設備	視覺外觀	元件參數
	LOD 300	LOD 500

(資料來源：本研究整理)

為了能夠使系統順利地在 BIM 模型中運行，系統對於 BIM 模型的細緻程度有一定的需求。本系統對於 BIM 模型細緻程度的最低需求在於土建及消防物件必須建置出詳細的尺寸標註、安裝位置等，有足夠的資訊能使施工人員將消防設備安裝於正確位置。因此上述項目之細緻程度只需要在視覺傳達上可以讓檢修人

員辨識及可以滿足細緻程度的需求。另外針對檢修之標的細緻程度不同的地方在於本系統當中需要將資訊寫入物件模型當中，因此細緻程度必須達到 LOD 500。LOD 500 為所有從規劃設計階段開始累積到完工階段的模型資訊包含物件資訊、製造安裝圖等的竣工模型，LOD500 包含完整的專案資訊，作為營運維護階段時的使用。因此只要 BIM 模型滿足上述細緻程度之條件即能夠將本系統導入模型中進行消防建物之檢修。

第二節 BIM 模型建置流程說明

本計畫規劃之建模流程大略分為兩階段，第一階段為模型建置規劃階段，第二階段為模型建置執行階段，而對於第一階段內容包含目標訂定、設計執行程序、訂定資訊內容、執行基礎架構等四項目；第二階段內容包含概念性設計、細部建模與建築設計圖產出、施工圖說產出、竣工模型完成等四項目，本計畫參考相關文獻[108][109]整理成 BIM 建模流程(如圖 4.7 所示)，後續將針對個別項目做詳細介紹。

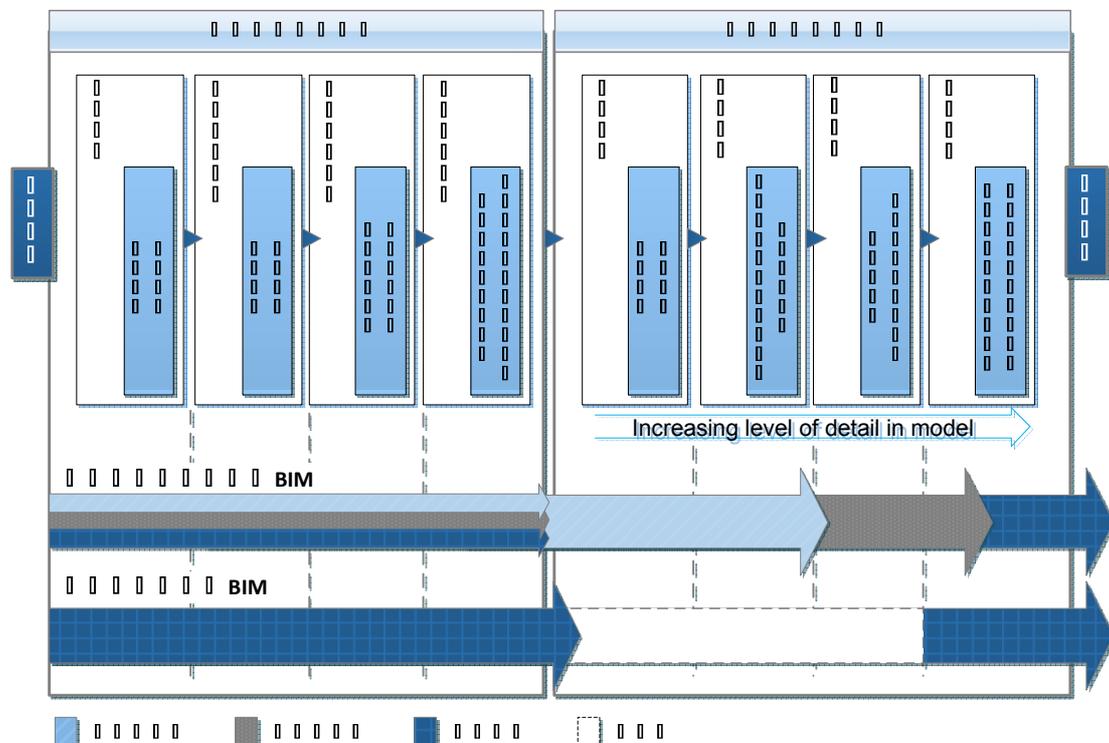


圖 4.7 建置 BIM 模型之基本流程圖

(資料來源：本研究繪製)

本計畫假設模型已經於建物竣工前建置完畢，其模型建置則分為兩種情境探討。前者為規畫設計階段即已導入 BIM，因此在模型建置規劃階段將由業主、設計端以及營造端三者共同討論，內容包括專案目標、應用模式以及整個執行基礎架構，在初步設計及細部設計都交由營造端負責實體模型建置，並於施工階段將模型交給營造端進行施工圖面製作，最後會將模型交給業主做後續的應用。

另一情境為竣工前未進行 BIM 相關作業，直到營運維護階段將 BIM 導入輔助營運維護作業之狀況。業主必須在此階段擔任主導 BIM 模型建置之角色，可以藉由委託外包或是自行建立的方式進行 BIM 模型建置。在建立 BIM 模型前仍須確立模型之應用模式以及使用目的，但因為建物已經竣工，因此可以將竣工圖套入軟體中進行套繪，即可以快速地建立模型。另外經由使用目的確認，如客製化內容、設備管理等維護階段後續應用參數的加入，其餘建築的部分只需要達到應用模式的最低需求即可，便能夠達到快速建模以及省成本的目的。以下針對各建置階段之細部項目詳細說明：

1. 目標訂定

在執行模型建置的動作之前，業主或是建築師必須指出使用 BIM 建置模型所希望達到之目標。BIM 模型能夠達到許多的目標，例如碰撞檢查、時程管理、材料數量統計甚至可在模型建置後與其他外掛軟體相互應用，進而達到如結構計算或是綠能分析等目標。然而上述之功能並無法支援每一個建置完成的模型。若想要建置完成之模型達到上述之應用模式，則必須在建模之前將訂定應用目標並且透過專業的 BIM 繪圖工程師決定在建模的過程當中加入呼應目標之建置標的或是參數。BIM 模型建模內容完全必須根據模型應用之目的決定，進而決定模型建置完成後之實用性。

本次模型建置目標為符合 BIM 導入消防設備檢修維護系統之需求，其需求包含模型消防設備元件之位置資訊、元件內部參數，如保存期限與檢修日期...等相關資訊。

2. 設計執行情序

模型建置程序通常由繪圖工程師規劃，內容是將物件的建置順序做出規劃。例如結構面向包括結構柱、梁及結構牆的部分，另外在建築面則包含帷幕以及出裝修和精裝修等構面。細緻程度較高的模型甚至會將機電構面也一併建置到模型當中。但是上述的建置內容並非可以在同一個時間點當中由多個繪圖工程師所執行。因此建模的時程規劃跟專案在現場施作時相同，必

須先做出工項的分別，在給予工項上之建置順序以及時間上的長短，方能控制建模之時程。

本計畫之建模時程規劃如下：

- A. 結構體(如：柱、樑、結構牆、結構樓板)
- B. 建築體(如：門、窗戶、樓梯)
- C. 機電設備(如：消防設備、灑水管線)

3. 訂定資訊內容

根據模型建置目的訂定出模型所需要建置之細緻程度及模型中須加入之參數內容。建模之細緻程度會依據所訂定之目標而有所不同。在時程上也因為每個階段之驗收項目不同而在建模細緻程度上有所差異。建模初期可能因為所交付之內容而先繪製整體結構，在此階段則會因為時間之限制無法讓模型中的各個物件都達到 LOD300 以上之細緻程度。但是隨著模型之建置內容增加會因為完整度的需求，而再將過去建置好的物件另外做出更細部之刻畫。綜合上述之理由，模型的建置必須在每個階段對於細緻程度做出規劃，以及資訊交換的模式上做出統一的作業流程。才能達到快速的建模效果及完整的模型建置。

本計畫建模細緻程度，在建築體與結構體部分只需外觀上之辨識因此 LOD300 即可達到本研究需求，但是消防元件上則因為必須加入體統之規劃因此必須加入參數達到 LOD500 之等級才能夠符合本研究需求。

4. 執行基礎架構

為了讓所建置的模型能夠確實地在實務上落實，因此必須在執行的範疇、溝通的程序、基礎資訊需求以及品質管理上都需要作出管控。根據上述之作業模式能夠訂定出一套模型建置的通用作業流程。這樣的作業流程能夠確實的幫助模型建置的規劃，提升模型建置之效率。

根據每個建模小組的工作分配習慣不同也會造成建模流程有其特色在。依據每個專案之特性不同因此在模型建置上之流程會有些許不同，特別有時候會因為軟體之限制無法以單一軟體完成模型建置，同時使用多套 3D 軟體進行模型繪製。並藉由通用檔案格式匯入主要使用軟體。建模時將會根據建模小組的習慣訂出特定的建置順序，並且根據每個階段交付成果訂出里程碑，其中會必須有人擔任模型檢核人員；並且根據業主之要求檢討修正模型，

重複檢討及修正的動作直到模型建置完成。

5. 初步設計

建築模型發展初期由建築師設計建築物，為 BIM 概念性設計階段，建築模型以簡單的量體呈現，大致表現出建築物的外觀，供業主瞭解其設計概念、走向及整體空間關係。此部份模型另外亦可以做相關應用分析如建築物的效能分析、景觀模擬等。

BIM 之概念為減少資訊傳遞時所發生之斷層，因此若能在規畫設計階段即導入 BIM 便能夠讓 BIM 模型的被使用率達到最高。也就代表著每一個階段都能構承接上一個階段之 BIM 模型，並且加以應用。在概念性設計上因為純粹為設計是為了表達主要的設計概念所做出之模型，因此在精度上並無太多要求。只要能夠呈現出建物外觀即可。

6. 細部設計

概念性設計後建築師對模型加以修正及建築物大致上細部元件完成，可以產生建築圖說，包括建築物周圍景觀及建築物室內空間、建築、結構及機電元件，產出的 2D 建築圖說是由 3D 模型而成，不同於以往必須重新繪製。

7. 施工製作

施工圖說是建築設計過程中不可或缺的過程，施工圖說為建築圖經政府機關審核通過後，根據該施工圖的繪製當作施工之依據圖說。其包含總平面圖、各層立面圖、平面圖、剖面圖、大樣圖、結構圖、設備圖等。當建築物設計方案確認之後進入施工階段，此階段的建築模型建置重點是必須產出含有建築物細緻程度更高之資訊如元件尺寸、相對位置等參數以供現場人員組裝至正確位置，亦能應用於專案及法規自動審核、成本估價、吊組裝模擬、預售屋之室內設計展示等。

8. 營運維護

完工後建築模型的資訊量已達一定程度，其可模擬營運狀況或供建築物營運維護階段使用如將設備與感測技術連結進行設備管理、資產管理，或是其他如逃生路線模擬、建物使用狀況監控、甚至到建築物重新翻修之預先規劃等多方面應用。此階段可以根據之前在規劃階段所訂定出的應用目標及運作模式，將所規劃的參數加入 BIM 模型中。

第三節 BIM 模型軟體

BIM 之實作軟體應該需包含建模及模型展示與分析工具，以及 BIM 相關繫結之資料管理平台。而以物件化為基礎之參數式建模方式下，有許多著名的 BIM 建模軟體工具都各自產生出不同的功能，本節首先針對介紹常見的 BIM 軟體(依軟體名稱開頭字母依序排列)，作為後續軟體選用的參考。

1. Advance Suite

Advance Suite 由法國國際軟體供應商 GRAITEC 發行，創立於 1986 年，從剛開始單一公司擴展到全歐洲及美國 11 家據點。Advance Suite 整合 2d cad，發表 Advance Concrete(2001) / Steel (2003) / Design (2005)。首先發表的 Advance Concrete 輔助使用者在 auto cad 鋼筋混凝土建模及細部設計時自動產生配筋及模版和大量的材質等圖說。Advance Steel 同樣為 AutoCAD 中建立結構模型和細部設計延伸，使用者在操作 AutoCAD 時能夠自動生成施工圖說和吊裝圖、材料需求表等，是專為結構承包商設計來改善及加速圖面生產效率。Advance Design 為上述兩種軟體的結合，整合鋼筋混凝土及鋼結構設計，利用有限元素法、3D 動態模擬、移動載重和靜力負載分析橋樑、大樓等結構物。分為美國規範和歐洲規範兩種標準[77][78]。

2. ArchiCAD

ArchiCAD 是由匈牙利 Graphisoft 公司於 1982 年發表之軟體，是目前市面上最古老且持續販售中的 BIM 建築設計用之軟體工具，堪稱是 BIM 軟體之始祖，其概念為物件導向組成 3D 模型之軟體，歷史悠久已經累積龐大元件可支援建模作業[3]。且支援 Mac OS 作業系統之工程繪圖軟體，軟體操作界面採直覺式讓使用者較容易使用，其版本已更新至 ArchiCAD14。ArchiCAD 是目前市面上最古老且持續販售中的 BIM 建築設計用之軟體工具，Graphisoft 在 80 年代早期開始將 ArchiCAD 推出於市場中，它可在蘋果電腦麥金塔系統 (Apple Macintosh) 中運作的物件模型導向 (object-model-oriented) 建築用 CAD 系統。近期 Graphisoft 也提出許多可應用在 ArchiCAD 作業平台上的營建相關應用程式，但是在 2007 年初 Graphisoft 被 Nemetschek 收購後，這些應用程式則成為 Vico Software 的附加產品。ArchiCAD 支援多項的使用者介面，例如：Maxon 可支援曲線表面的模型及

動畫、ArchiFM 可進行設備管理並支援 Sketchup。此外，ArchiCAD 軟體中也包含有 OBDC 介面，並提供軟體使用者額外延伸的物件資料庫。

3. DDS-CAD

DDS 1985 年創立於挪威，並開始使致力於 BIM 發展，於建築物元件中攜帶資訊的概念為 DDS-CAD 長久以來的發展核心，如今規模龐大為歐洲營建工程軟體主要開發商之一，其所提供的產品線主要分為 DDS-CAD MEP、DDS-CAD Architect & Construction。DDS-CAD MEP 整合計算與跨領域的協調整和建築物外觀材料的耗能計算等。DDS-CAD Architect & Construction 專門為典型的北歐住宅提供建築元件，深入提供木構造、預鑄元件的解決分案 [82][83]。

4. Digital Project

Digital Project (DP) 是由 Gehry Technologies 公司所發展出來的 BIM 應用軟體，其原先是一套由 Dassault's CATIA(Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) 所要求客製化的建築用軟體，Dassault's CATIA 是目前全球於大型航太工程專案系統以及汽車製造產業中應用最為廣泛的模型平台供應商。使用 DP 時需要一個功能強大的工作站以使其流暢運作，但其可支援大型專案的能力為常見軟體中最為強大的，此外，DP 可將模型中各項不同類型的平面模組化並且支援各項細部的客製參數化物件，這也是 DP 被設計要求的最大特色。一般而言，建立在 CATIA 邏輯上並包含有參數模組的結構物，我們將其稱為作業平台 (Workbenches)，在 DP v.5 版之後的軟體版本中，Gehry Technologies 公司將此重大且具指標性的功能加入軟體中供使用者進行使用，必省得軟體可以透過支援各項專家知識的運算規則基礎，使得其能夠校對細部設計資料、優化定義參數物件功能、追蹤物件並管理其輸出。DP 支援 VBA 程式語言的描述與開發，並且具有強力的 API(Application programming interface) 能力以提供使用者開發附加功能 (add-ons)，此外 DP 也具備支援多數資料統一交換格式 IFC 之能力和整合排程軟體 P6、MS Project 等，能做 4D 施工進度模擬，支援機電系統配置、專家系統、變更追蹤及元件比對。

5. Dprofiler

DProfile 是位於美國得克薩斯州的 The beck group (貝克集團) 所開發，

DProfile 主要運用於專案設計前的可行性研究中，用於粗略的細緻程度來呈現模型、空間配置檢核，可產生專案之經濟評估，但此軟體主要強調快速建模，快速為多種設計方案做評估，不適用建模型複雜度較高之模型，也著重於營建專案的經濟評估（主要是成本估算，在適當的情況下做收入的預估），並支援 BIM 設計工具與 DWG 檔案之轉換[79][80]。

6. Gloobe

在日本有獨特的建築文化、規範及工作流程，日本福井電腦公司在 2010 年推出日本專用的 BIM 軟體 Gloobe，並在日本提出 J-BIM (Japanese Building Information Modeling) 一詞。Gloobe 有納入日本部分建築法規，以類似等高線表示方式來視覺化反向計算陰影，做出最適當的設計，在設計時能隨時檢查其容積率，能與 Google 地球結合模擬現場狀況，在多人協同作業中，可記錄使用者更動的一切。支援其他軟體商的格式補足本身較弱如施工圖說、設備元件、耗能分析[84]。

7. IntelliCAD

IntelliCAD 和 AutoCAD 有相似的使用者介面和功能，IntelliCAD 的歷史就像軟體本身的概念一樣複雜，The IntelliCAD Technology Consortium (ITC) 本身為一個非營利組織，致力於整合其他第三方軟體技術，開放之 API 技術讓使用者製作自己專屬的複雜 CAD 應用程式[81]。

8. Bentley Architecture

Bentley System 廠商為美國 Bentley（奔特力），Bentley System 的建築用 BIM 軟體工具-Bentley Architecture 在 2004 年發表，由 Triforma 演化發展而來。Bentley Architecture 整合許多個軟體有 Bentley Structure、Bentley Building Mechanical System、Bentley Building Electrical System、Bentley Facilities、Bentley PowerCivil（for site planning）以及 Bentley Generative Components。以上所述之軟體多以檔案做為基礎的系統，當這些軟體作修改或是任何動作時，即立刻將其動作資料寫入檔案裡，透過此種方式降低在記憶體中進行讀取之動作。而 Bentley System 提供一個資訊的整合平台將相關之建築、工程以及營建軟體相互整合，第三方之軟體也發展了許多不同之應用程式，有些卻無法相容於同一作業平台，故使用 Bentley 之使用者須將檔案轉存為相容之檔案格式才可以使用。其軟體所提供之使用者介面包含：

DGN、DWG、DWFTM、PDF、STEP、IGES、STL 以及 IFC。此軟體之特色為可處理 Bezier 和 NURBS 複雜曲面並且可提供專業元件之客製化服務 [60]，且資訊傳遞速度快，可於網頁上分享及操作，提供使用者數位權限與數位簽章的智慧財產權管理，使資料安全性受到保護，但由於 Bentley 採用分散式資料庫類型，對於資料之間的關係就不如 Revit 及 TEKLA 來得緊密，且其操作界面較為複雜不易學習。其 MicroStation 版本至今已更新至 v8i，而 ProjectWise 也持續更新。

9. Revit

Revit 系列在建築與營建工程業中較為普遍使用之 BIM 軟體工具，開發此軟體之廠商為美國 Autodesk（歐特克）公司於 2002 年所發表。歐特克公司試圖提供橫跨建築生命週期之 BIM 軟體工具，而全系列已經更新至 2012 版本，其主要之特色為學習過程較容易上手，具備人性化之操作介面。軟體採單一模型建置概念，可產出各方位之視圖以及各圖說資料，並且提供專案的自動協調能力，自動管理圖面的變更與參照。支援相同專案中同時進行模型作業與使用，且其物件資料庫可同時支援多重使用者建置與使用。而軟體更新也增加處理大型專案之功能，若繪製成完整軟體可套用其他附屬之軟體進行分析模擬，而軟體也包含有能源分析模擬與載重分析的 gbXML 介面以及 ROBOT 與 RISA 結構之分析介面。但此軟體對於物件細部設計方面較為不足，無法提供足夠的細部設計資料庫，需經過使用者客製化定義物件，才能達到細部設計功能。Revit 以繪圖為主，物件為輔，刷色較為完美，並且引進 Sketchup 模型功能，可將系統資料輸出成 DXF 檔案，提供 DGN、DWG、DWFTM、DXFTM、IFC、SAT、SKP、AVI、ODBC、gbXML、BMP、JPG、TGA 以及 TIF 等常見的瀏覽介面[59]。

10. Revit MEP

Revit MEP 為建築資訊模型(BIM) 之機電工程。從概念到營建過程都支援精確有效率的建築系統設計專案。利用智慧型 Revit MEP 模型固有的協調一致資訊設計建築系統。利用整合式分析，在過程中提早分析效率。以參數變更管理技術讓文件保持協調一致。提供 3D 模式與文件支援建築生命週期。Revit MEP 同時支援點雲技術，能夠擷取既有條件及視覺化之點雲資料。在模型系統上能夠運用機械、電氣與衛工之設計工具。另外也能夠加強

系統設計工具以及建模功能，能夠建立管道以及預留位置並轉換為精細的物件。另外也具有面板調度的功能可以計算總荷載值並且顯示於面板調度。在施工图面文件能自動的產生平面、剖面以及立面等詳細資料。Revit MEP 也支援 Citrix 軟體。

11. Revit Structure

Revit Structure 為建築資訊模型(BIM) 軟體適用於結構工程，提供專門的結構設計和分析工具。Revit Structure 有 BIM 的優勢，可加強協調多領域的結構設計文件、減少錯誤，以及強化結構工程師及建築師、MEP 工程師與業主這類龐大專案團隊成員之間的協同合作。Revit Structure 能夠整合實體模型與分析結構模型以同時在模型與視圖之間具有雙向的方式關聯。在材料部分提供了多種材料結構元件能夠使用。具有從 3D 模型視圖建立結構細節之特性也能夠連結多種結構分析應用程式。在檔案格式方面 Revit Structure 能夠與 DWG™、DXF™、DGN、IFC 和 CIS/2 這些業界之標準格式相容。互動性上也可與 Autodesk® Revit® Architecture 和 Autodesk® Revit® MEP 軟體交互作業。

12. Tekla Structure

Tekla Structures 是芬蘭的 Teknillinen laskentskenta Oy 於 2004 年，由前身 Tekla Xsteel 擴充功能後，更名所發表的軟體開發之 3D 結構模型專業軟體。軟體對於鋼結構、預鑄混凝土、木質結構、鋼筋混凝土、以及鋼結構工程之應用較強。Tekla Structure 具有結構資料庫，對於模型結構上的所有物件、材料及細節內容都可透過軟體的靈活變通能力串聯，提供結構細部設計、配筋與結合吊裝的結構建築資訊流程等功能，運用模型之物理性做自動干涉檢查。此軟體可支援相當大型的結構模型於專案協同作業，可利用 .NET 開發客製化之程式，支援複雜之客製化資料庫，且可利用軟體輸出成為網頁瀏覽模式之功能。此軟體對 3D 模型彩線能力較弱。Tekla Structures 支援許多使用者之介面，包含：IFC、DWG™、CIS/2、DTSV、SDNF、DGN 以及 DXF™ 檔案格式。而且 Tekla Structures 也有將各項圖面依需求而輸出之能力。此軟體版本至今已更新至 Tekla Structures17.0 版。

13. Vectorworks

Nemetschek Vectorworks 是歐洲 Nemetschek AG 的子公司，致力於發展適合建築師、工程師和製造商使用的電腦輔助設計軟體。Nemetschek 發展跨平台使用的 CAD 程式，也是第一個介紹 BIM 可行性的公司。Vectorworks 的 BIM 資料庫運用一種 NOI Layer 技術以封包型式使第三方應用程式可設計和分析模型裡的物件，亦適用於 Mac OS 作業平台。服務範圍為建築師、土木工程師、或是運用在估價和施工管理，最新版本（2011）改善 3D 操作環境，並加入新的建築元件。

14. Navisworks

Navisworks 為 AutoDesk 公司所發行的軟體。為一專案審核軟體，有助於建築、工程和營造專業人員更精確控制專案結果。與所有專案相關人員一同整合、共用和審核 3D 模型和多格式資料。為一整合、分析和溝通工具，有助於團隊在施工或翻新之前，更妥善協調各領域、解決衝突及規畫專案。Navisworks 其產品線分為 3 類，分別為 Navisworks Manage、Navisworks Simulate、Navisworks Freedom。具備明細表製作、視覺化協同工作工具、比該公司進階出品之 Revit 產品線進階的衝突分析偵測功能、建立 4D 模型模擬施工進度及組織工作以呈現其施工性，亦可在施工前先模擬與最佳化明細表與專案團隊溝通瞭解潛在問題。其中 Navisworks Freedom 為免費軟體，所有專案參與人員皆可用免費瀏覽器檢視整個專案有助於溝通[104]。

15. Ecotect Analysis

Ecotect Analysis 是一套從概念產生到細部規畫的永續性建築設計軟體。Ecotect Analysis 可強化既有建築物與新建築設計的效能。線上能源、用水和碳排放分析功能，整合加入可以在建築物環境的背景，視覺化及模擬其效能的工具。建築物的綠能分析能計算建築物模型每年、每月、每日和每小時總共消耗多少能源以及排放多少碳。亦可分析散熱效能、太陽輻射、日光照明、陰影和反射等[103]。

藉由以上整理之文獻，本研究針對各軟體之廠商、國別、支援作業系統及軟體特色整理為表 4.4 所示：

表 4.4 BIM 相關軟體

編號	1	2	3	4	5	6	7	8
軟體名稱	Advance Suite	ArchiCAD	DDS-CAD	Digital Project	DProfiler	Gloobe	IntelliCAD	Vectorwork
廠商 (國別)	GRAITEC (美國)	Graphisoft (匈牙利)	Data Design System (挪威)	Gehry Technologies (美國)	The Beck Group (美國)	福井電腦 (日本)	IntelliCAD Technology Consortium (美國)	Nemetschek (德國)
作業系統	Windows	Windows Mac OS	Windows	Windows	Windows	Windows	Windows	Windows Mac OS
軟體特色	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有限元素法分析。 2. 自動產生配筋圖。 3. 針對美國和歐洲標準有不同版本。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 於 80 年代推於市場中。 2. 累積龐大之元件。 3. 支援 Mac OS X 系統。 4. 直覺式使用者介面。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 歐洲主要 BIM 開發商之一。 2. 專為北歐特有建築元件設計。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同類型元件平面模組化。 2. 支援 VBA 程式語言。 3. 之能力和整合排程軟體 P6、MS Project 等。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適合概略細緻程度來呈現模型。 2. 快速評估設計方案。 3. 做專案經濟上的評估。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 專為日本國內設計 BIM 軟體。 2. 提供容積率檢查、反向日影計算。 3. 結合 Google 地球。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 介面類似 AutoCAD 2. 開放 API 3. 為非營利組織 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第三方軟體商可設計和分析模型裡的物件。 2. 支援 Mac OS X 系統。

(資料來源：本研究整理)

表 4.4 BIM 相關軟體 (續)

編號	9	10	11
軟體名稱	Bentley Architecture	Tekla Structure	Revit Architecture
廠商 (國別)	Bentley System (美國)	Tekla Corp (芬蘭)	Autodesk (美國)
作業系統	Windows	Windows	Windows
軟體特色	<ol style="list-style-type: none"> 1. 支援複雜曲線表面。 2. 支援各項客製化參數物件。 3. 具網路瀏覽功能。 4. 提供數位權限與數位簽章之智慧財產權管理。 5. 資訊交換速度較快。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 模型結構上的所有物件、材料及細節內容皆透過軟體的靈活變通能力串聯整合。 2. 可以完整支援大型模型結構。 3. 允許於同個專案工程上進行多項工作以及多個使用者同時作業，支援複雜的客製化物件資料庫。 4. 可支援將模型輸出為網頁瀏覽模式。 5. 對細部設計可做干涉檢查，著重於鋼結構之細部設計，彩現部分有待加強。 6. 開放 API。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人性化操作介面。 2. 更新視角以產生及管理其模型對應之資訊。 3. 支援相同專案之協同作業。 4. 支援多重使用者之介面。 5. 提供直觀功能及美觀圖面刷色完美。 6. 自動管理圖面變更及參照。 7. 資料關係緊密，資訊交換速度較慢。 8. 開放 API。

(資料來源：本研究整理)

表 4.4 BIM 相關軟體 (續)

編號	12	13	14	15
軟體名稱	Revit MEP	Revit Structure	Navisworks	Ecotect Analysis
廠商 (國別)	Autodesk (美國)	Autodesk (美國)	Autodesk (美國)	Autodesk (美國)
作業系統	Windows	Windows	Windows	Windows
軟體特色	<ol style="list-style-type: none"> 1. 點雲檔案支援。 2. 能夠運用機械、電氣與衛工之設計工具。 3. 能夠建立管道以及預留位置並轉換為精細的物件。 4. 自動的產生平面、剖面以及立面等詳細資料。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供了多種材料結構元件。 2. 能夠連結多種結構分析應用程式。 3. 能夠與 DWG™、DXF™、DGN、IFC 和 CIS/2 這些業界之標準格式相容。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 專案審核軟體。 2. 具備明細表製作。 3. 視覺化協同工作工具。 4. 進階的衝突分析偵測功能。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 永續性建築設計軟體。 2. 能源、用水和碳排放分析功能。 3. 視覺化及模擬其效能的工具。 4. 亦可分析散熱效能、太陽輻射、日光照明、陰影和反射。

(資料來源：本研究整理)

第四節 BIM 模型元件建置

前一小節說明本計畫消防設備檢修資訊需求，列舉出本計畫消防設備檢修的基本查驗條件，傳送到營運維護之 BIM 模型並無相關檢修參數，本節探討如何加入檢修端得以應用之檢修資訊於 BIM 中的資料庫，使用者必須自行建立參數已達到檢修目的。

BIM 模式建置模型與一般 3D 傳統建模方式不相同，BIM 為物件導向之架構，因此必須先行建置建築物各項構件，如柱、樑、牆、板、門、窗等，依照建築設計需求將構件資訊如尺寸、價格、階段等訊息建置於模型中，而一個元件並非單一個點線面無資訊量體，其元件包含許多可運算與處理之數位資訊，這些數位資訊可被程式系統自動管理，且單個元件可供不同專案使用。當元件建置完成後即可開始做建模動作，將初期建物規劃方位之定位線建置於 BIM 模型中，並且將當初所建置完成之元件，依照建物規劃需求擺放至正確位置，此動作稱為建置模型，簡單來說建模就是將附有資訊之元件擺放於建物規劃設計所需之位置。

參數式建立為 BIM 一項特色，透過加入參數，可對包含於每個族群例證或類型中的資訊加以控制，利用數值及公式定義物件，使物件能隨之變化也可使元件之內部資訊豐富性增加。例如樓板與屋頂外牆相連接，當外牆被移動時，相關聯的牆與屋頂邊緣會一起移動。為特定元件加入新參數之詳細步驟為點選欲新增參數之元件使元件呈現反白(如圖 4.8 所示)，點選編輯族群進入元件本身，進入族群類型編輯欄選取加入參數(如圖 4.9 所示)，於加入參數欄位中編輯參數的基本資料如名稱、參數類型及參數組成條件，參數類型依照參數值的類型做選取，分為文字、整數、數字、長度、區域、體積、角度、貨幣、URL、材料及族群類型；參數組成條件則依據預計將參數放置於何種欄位中(如圖 4.10 所示)。最後選擇參數為類型參數或是例證參數，類型參數與例證參數之差別為類型參屬於元件內部之參數值，當使用者修改類型參數中之參數值時，所有專案中的同一元件會一併被修改；例證參數屬於元件於專案中個別分離之參數，當使用者欲修改其元件之參數值時，只有所選元件會被修改，其他相同的元件參數並不會受到影響。之後確認輸入的條件有無錯誤，輸入錯誤即重新設定，本研究建立之參數為運用於消防設備檢修情況，每項設備情況不相同，參數條件是個別獨立的，故參數建立時不適用類型參數，應選取類型參數。確定之後輸入需要的值或公式，輸入完成需測試其公式有無正確，確認無誤即完成元件參數建立(如圖 4.11 所示)，公式

可用來修改特定元素之標註，利用慣用的數學符號即可完成。欲修改參數選取所需參數，按下修改鍵即可以更名參數並修改其參數性質、類型或例證。元件新建參數整體建置步驟如下圖 4.12 所示。

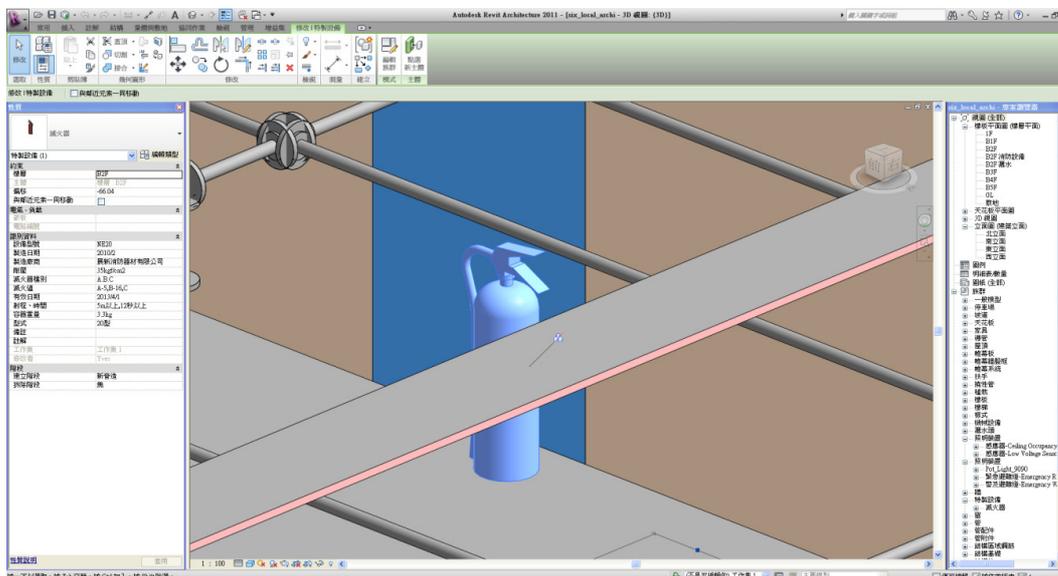


圖 4.8 選取元件

(資料來源：本研究繪製)

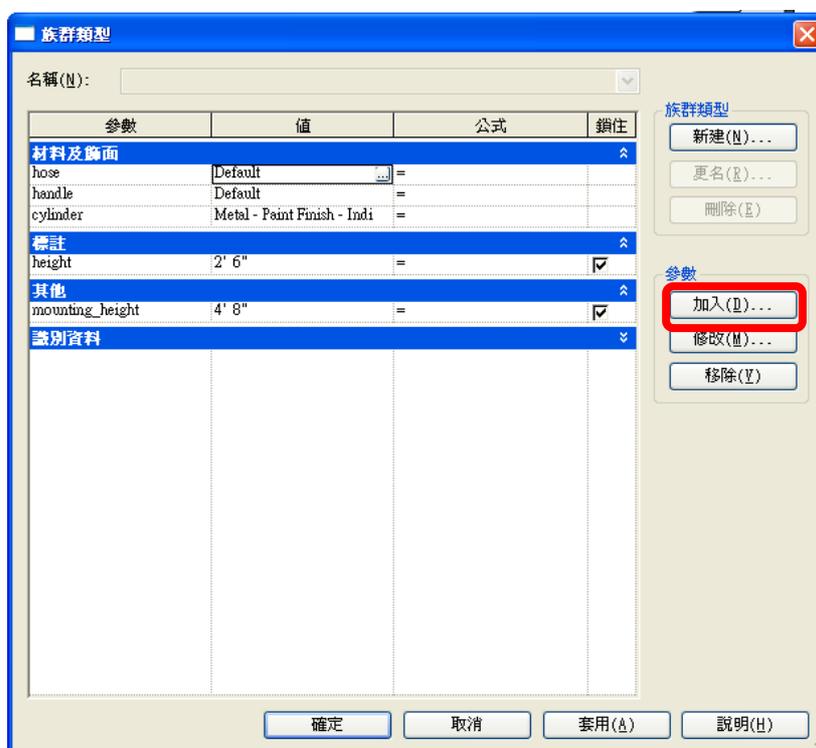


圖 4.9 族群編輯欄中加入參數

(資料來源：本研究繪製)

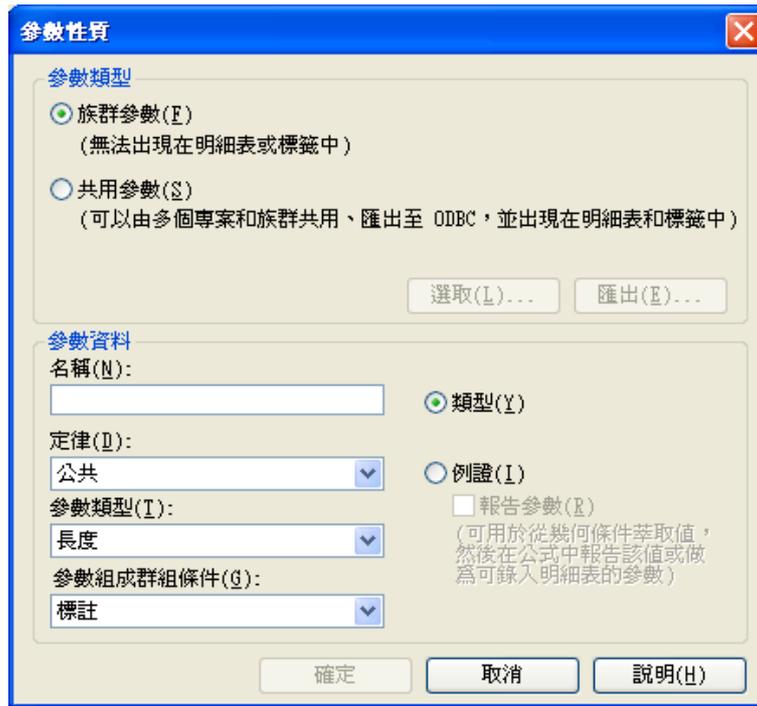


圖 4.10 參數資料設定

(資料來源：本研究繪製)

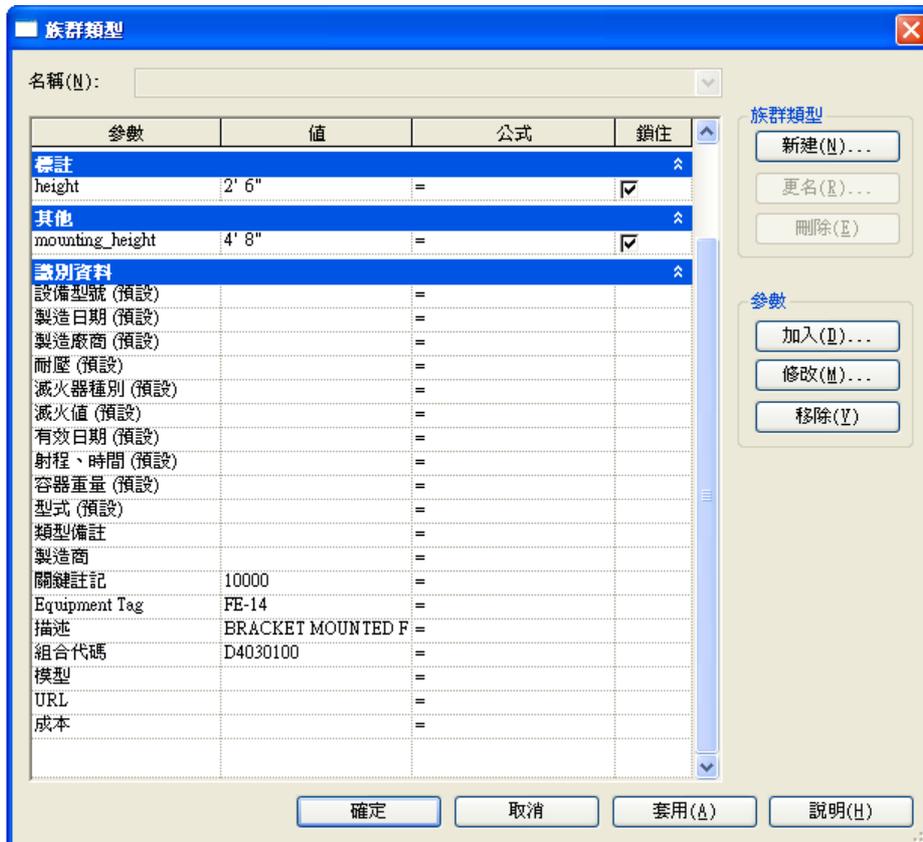


圖 4.11 輸入所新增參數之參數值或參數公式

(資料來源：本研究繪製)

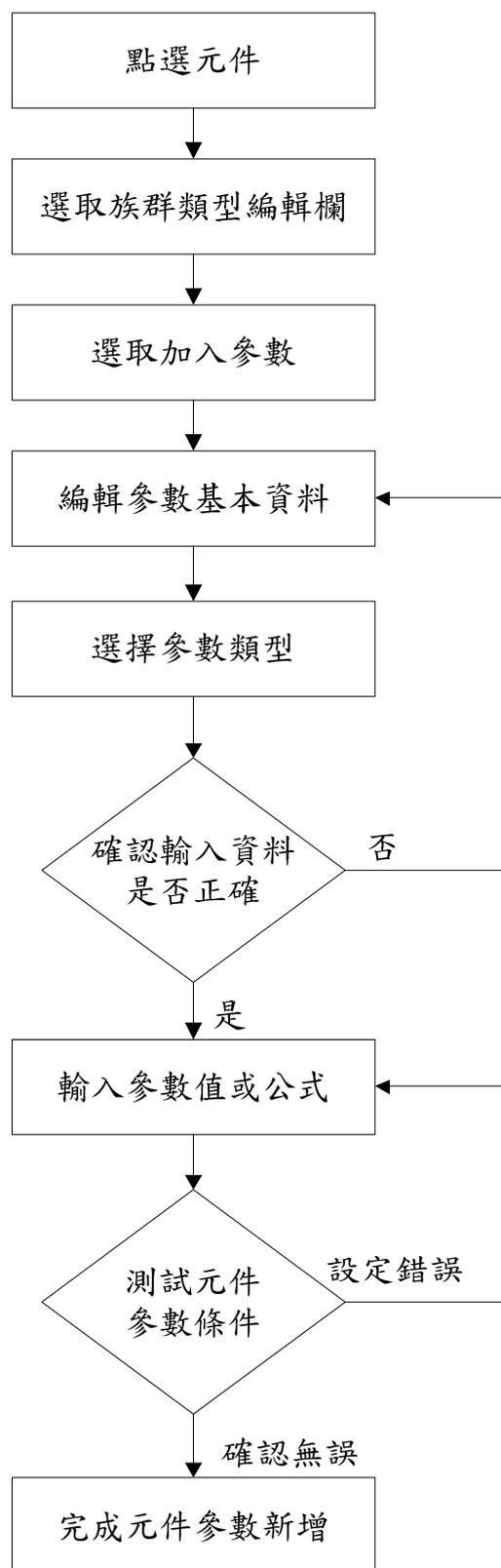


圖 4.12 元件新增參數步驟

(資料來源：本研究繪製)

第五節 小結

雖本研究在研究範圍中，是採用已竣工的 BIM 模型作業本研究的探討對象，但 BIM 模型建置開始前，必須明確的瞭解建置 BIM 模型之目的為何，若建置目的時已考量消防安全設備檢修作業時，本章節提供應注意項目及建置流程，使其在 BIM 模型建置完成後，足以提供檢修作業使用。消防設備檢修參數之需求，由於消防設備種類繁多，本計畫選用滅火器作為 BIM 應用的設備標的，藉由現況探討與文獻蒐集瞭解檢修需求，並加以分析檢修人員在檢修中之資訊，使本研究開發的系統能更為貼切實務需要。瞭解需求後進行元件參數之建立，說明建立參數的步驟及注意事項，所有元件參數皆可遵循此建置步驟建立需求參數。

第五章 BIM-based 消防安全設備管理系統雛型規劃與建置

本章節探討如何利用現有的 BIM 模型結合資料庫及 API 視窗程式，進行 BIM-based 消防安全設備管理系統之規劃與建置。此系統主要目的在於協助管理權人及消防設備師(士)簡易地利用 BIM 模型進行消防設備檢修作業，並自動化地統計檢修結果，產出檢修申報所需之報表。本章節依序說明系統需求分析、軟體與設備選用、系統開發環境、BIM-based 消防設備檢修資料庫設計及系統建置，透過一系列的系統規劃，建置一套符合實務需求之系統。

第一節 系統需求分析

本研究欲利用 BIM 之概念，結合消防安全設備維護資料與 BIM 模型，提供管理權人與檢修人員進行檢修作業各項工作，改善傳統的消防安全設備管理現況。對於管理權人而言，須利用 BIM 模型觀看檢修狀況、查詢歷史檢修資訊及設備資產管理；對於消防設備師(士)而言，須能夠透過模型觀看檢修設備配置圖、規劃檢修進度、紀錄檢修內容、統計檢修結果及產出檢修報表，並以 3D 模型透過顏色視覺化的方式展示檢修狀況與進度。

綜合以上 BIM-based 消防安全設備管理系統欲開發之需求，除了利用 BIM 模型呈現設備外觀、位置及相關資訊等，本研究將再針對消防安全設備檢修作業規劃五大模組，分別為檢修設備紀錄模組、設備設置條件與數量分析模組、設備檢修結果統計模組、設備檢修結果視覺化模組及設備檢修結果報表匯出模組(如圖 5.1 所示)。以下分別簡介各項功能模組：

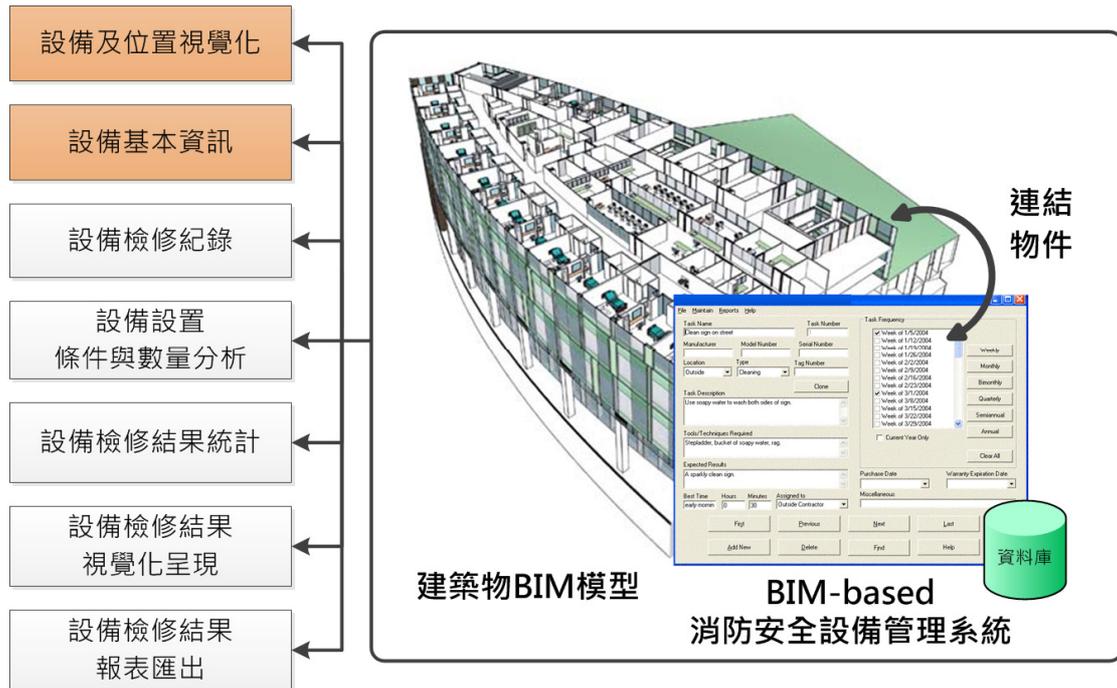


圖 5.1 BIM-based 消防安全設備檢修系統功能示意圖

(資料來源：本研究繪製)

一、設備檢修紀錄模組

此模組主要提供設備檢修人員進行檢修內容的讀取及寫入，將傳統紙本表單轉換為系統表單，系統表單中所規劃的檢修項目以第四章所分析的參數作為依據，並清楚規劃各項設備檢修步驟，使檢修人員可輕易地利用系統進行檢修作業。最後檢修之結果將更新於伺服器資料庫，使檢修結果可與 BIM 模型中的設備物件連結，作為後續資料統計及分析之依據。

二、設備設置條件與數量分析

消防設備檢修作業除針對各項設備逐一檢查外，亦須考量全區設備設置位置與設置數量是否符合法規要求。在現行的檢修作業上相關的分析，多為消防設備師(士)依據圖說上的設置狀況進行分析，當設備數量較為龐大時，則必須花費大量的時間進行計算與判斷。故本研究規劃此一分析模組，欲利用 BIM 模型中所提供的空間資訊及設備資訊，自動化地分析設置狀況是否符合法規之要求。

三、設備檢修結果統計模組

在現行的消防安全設備檢修作業上，檢修人員完成填寫設備檢修內容

後，除了設備檢查表(如表 3.4 所示)之外，必須以人工之方式統計各項數據並繪製成表格(如表 5.1 所示)。透過 BIM 的協助，檢修人員僅須完成系統檢查表單的輸入，並利用第四章所規畫之分析模式進行後續統計分析，將由設備檢修結果統計模組自動化產生，簡化現行作業流程。

表 5.1 設備檢查結果統計表(以滅火器為例)

	樓層	場所	器具種類名稱	設置數量	檢修數量	合格數量	放射能力測試數量	要修理數目	廢棄數量
外觀檢查	1F	廠房	乾粉(蓄)	25	25	15	/	10	0
	B1F	發電機室	CO2	5	5	3	/	2	0
	2F	電腦機房	海龍(1211)	2	2	1	/	0	1
性能檢查	1F	廠房	乾粉(蓄)	25	3	2	2	1	0
	B1F	發電機室	CO2	5	1	1	0	0	0
	2F	電腦機房	海龍(1211)	2	1	1	0	0	0

(資料來源：[102])

四、設備檢修結果視覺化呈現模組

本模組以 BIM 所建置的設備模型為基礎，建構本系統所需之參數於設備模型中，透過系統分析檢修人員之檢查結果，以色彩視覺化呈現不同的檢修狀況，如合格設備、須修理設備、已修理設備及廢棄設備等等。使用者可藉由視覺化的呈現，一目了然整體檢修狀況，改善原有紙本作業無法達到的即時呈現功能。

五、設備檢修結果報表匯出模組

如同表 5.1 所示，現行檢修作業人員多以紙本表單進行填寫，檢修完畢後再將紙本表單人工電子化，如此作業方式不但耗時且費工。BIM 模型所包含的眾多特色，本研究也將應用了其能夠整合模型資訊，並產出各式作業或統整分析所需之報表的特性，建立可匯出於進行消防安全設備檢修作業與管理之報表表單，此為本模組的主要功能，藉以改善傳統作業流程所帶來之不便。

第二節 BIM 軟體與展示設備選用

雖然 BIM 是個新概念或新程序而不是個軟體，但軟體是達成 BIM 概念的重要工具。軟體功能的良窳將直接影響甚至限制使用者的作業需求，因此必須針對本研究在前節所規劃的系統功能需求進行 BIM 軟體的選用；而本研究將檢修作業視覺化後，消防設備師將需要一展示設備作為檢修設備，展示設備的硬體規格對於 BIM 軟體展示速度及檢修效率佔有重要的因素，故此節也將針對展示設備進行選用。

本研究在文獻中整理前節所述之 BIM 軟體，考量本研究的需求後，在 BIM 軟體選擇為 Autodesk Revit 2011；而展示設備選擇為 HP Pavilion tx2506 筆記型電腦(平板電腦)，以下為選用的個別說明：

一、BIM 軟體：Autodesk Revit 2011

選擇 Autodesk Revit 2011 作為本研究的 BIM 軟體主要原因大致可分為市場競爭力、互通性、元件種類數量、參數式設計及軟體 API (Application Programming Interface)，以下分別詳細說明各項選用原因：

● 市場普遍性

本研究希望此模式能夠提供實際建築物進行應用，因此應選擇業界較為常用的 BIM 軟體，BIM 軟體在市面上種類繁多，軟體的市場競爭力不僅直接影響到軟體市佔率的高低，亦作為業界選用的重要指標。

Revit 的軟體功能在市場上一值具有著競爭力，自從 Autodesk 自 2002 年發行開始，Revit 開始迅速的發展，一旦使用過 Revit 就能了解其軟體所帶來的震撼及功能整合的方便性。現今在營建產業最多人使用軟體仍然是 Autodesk 所發行的 AutoCAD，Autodesk 在 Revit 上的介面設計依循著 AutoCAD，讓人覺得 Revit 和 AutoCAD 的版面配置和頁籤設計非常類似，因此不僅讓剛接觸的人對 Revit 多了一種親切感，也輔助他們能在轉換到新軟體時能快速上手。以建築師而言，在試著使用 Revit 時是最不願意面對全新的軟體，取而代之的是，建築師會因為使用過他們熟悉的 AutoCAD 操作介面而輕易上手，甚至是手稿、平立面圖等，其中的不同是建築師用建築資訊產生圖說會比直接在電腦上畫平立面圖說來的快速。

- 互通性

互通性(interoperability)為 BIM 的重要概念之一，其意義在於模型之間的資訊必須要能夠交換；換句話說，每個 BIM 建置人員所選擇的建置軟體不盡相同，軟體與軟體之間是否能夠交換模型資訊即為 BIM 所稱之互通性。

Autodesk Revit 系列包含了 Revit Architecture、Revit Structure、Revit MEP，專為不同領域各別設計。Revit 的互通性佳，除了能匯入且編輯 AutoCAD 的 dwg 檔及 Google Sketchup 的 skp 檔外，亦支援 BIM 常見的 IFC 標準格式。另外像是用來進行耗能分析、風力分析的 gbXML 格式，或是其他外掛功能使整個 Revit 系列產品功能更完整。使用者可利用不同的軟體彼此互相整合來形成圖說和資料庫中的資訊，像是數量表、單價分析表等皆可呈現在同一個模型裡。

- 元件種類數量

元件種類數量的多寡，影響著軟體使用者的便利性。若元件種類數量過少，使用者將花費大量的時間進行建置模型之工作；反之，使用者將可直接利用現存模型進行 BIM 的應用管理。而元件種類數量取決於軟體市占率，當市占率越高，代表著軟體具有龐大的使用者，每個使用者針對個別的需求建置特殊的元件，則軟體的元件種類將會不斷的產出。國外許多專業的設備廠商，對於自家的產品皆有詳細的 2D 圖說，近年來在建築資訊模型的轉變下，許多廠商已針對個別產品建立專屬的 3D 模型，一方面可提升產品規劃設計的效率，另一方面也可提供給模型的需求者。

Revit 除了簡單的操作介面外，Revit 有詳細和實用的檔案和教學，欲學習 Revit 的使用者可以從許多管道獲得資訊，以 revitcity.com 為例，裡頭有數千個網站會員所自製的或是第三方軟體所提供的元件，像是機電管線或家具元件，可以輕易下載並匯入到 Revit；Revit 有自己的元件庫，大致涵蓋許多專案可使用的元件。

- 參數式設計

參數式設計亦是 BIM 的重要概念之一，BIM 模型是藉由龐大且有結構的參數所構成，並儲存在單一資料庫中，再透過軟體工具有系統地將各項參數視覺化成為完整的 3D 模型。本研究的主要標的物為消防安全設備，此消防安全設備中必須能夠存放各項檢修設備所需資訊，因此模型參數式的設計

將能夠提供本研究的需求。

Revit 的建築模型裡，不僅包含 2D 建築物圖說，還有包含施工等其他集結而成的資訊，此資訊以資料庫的形式儲存取代傳統圖說檔案或是表單等等的 CAD 檔。Revit 的另一特色是只要模型裡的任何物件經過修改會自動調整，因此具有交互關連性。在模型裡改變物件會即時的反應到整個專案的其他視窗上，舉例來說，在 3D 模型視窗為室內牆面新增一開口，亦可以在平面圖及立面圖視窗中看見同一個開口。

● 軟體 API

應用程式介面(Application Programming Interface, API)為：「『電腦作業系統(Operating system)』或『程式函式庫』提供給應用程式呼叫使用的程式碼」。其主要目的是讓應用程式開發人員得以呼叫一組常式功能，而無須考慮其底層的原始碼為何、或理解其內部工作機制的細節，它僅定義了一個介面，而不涉入應用程式如何實現的細節。本研究所有的建築物資訊來源皆依靠 BIM 模型所提供，因此本研究必須選用具有開放 API 的 BIM 軟體，以便與 BIM 模型進行溝通，存取本研究所需資訊。

Revit 提供了完整的 API 並稱為 Revit Platform API，此 API 支援 Revit Architecture 2011、Revit Structure 2011 和 Revit MEP 2011 等軟體，開發人員可藉由 Revit Platform API 開發應用程式與 Revit 進行整合。Revit Platform API 採用 .NET Framework 架構，因此允許開發人員編譯任何 .NET 所支援的程式語言，包含 Visual Basic .NET、C#及 C++/CLI。Revit Platform API 可協助開發人員進行以下功能開發[85]：

- (1) 存取使用模型之圖形資料；
- (2) 存取使用模型之參數資料；
- (3) 建立、修改及刪除模型元件(如樓板、牆、柱或其他元件)；
- (4) 建立增益集(add-in)使多次重複之動作自動化；
- (5) 整合應用程式於支援以 Revit 為基礎之垂直產品，例如連結外部相關資料庫於 Revit 或匯出模型資料於分析軟體；
- (6) 使用 BIM 概念執行所有元件性質的分析；
- (7) 自動化建立專案文件。

- 免費 Viewer

REVIT 2012 提供一個「瀏覽器模式」的功能使熟悉 Revit 的建築師、工程師或不懂操作 Revit 人員能夠在對中央檔案和建模沒有任何影響的機會中進一步探究 REVIT 模型。當安裝完整版的 Revit 後，即可從 Windows 開始工作列表中執行。此瀏覽器允許所有 Revit 標準化的功能，除了以下幾點[141]：

- 無法儲存或另存為；
- 若是進行任何改變則無法輸出或出版模型，但若是不需再進行修正仍可輸出確定的版本；
- 當進行更改動作時即不能列印，但若沒有改變內容仍可執行；
- 在工作分享的檔案中無法做編輯元件的動作，但若是將分享檔案分開即可編輯。

二、展示設備：平板電腦

選擇 HP Pavilion tx2506(相關規格請參閱表 5.2 所示)作為本研究的 BIM 模型展示設備主要原因大致可分為以下幾點：

- 硬體設備

雖此展示設備為平板型筆記型電腦，其體積與重量皆無法與現行主流的平板電腦(如 iPad)相比，但其設備規格為筆記型電腦之規格，皆優於主流流平板電腦之規格。RAM 的部分，主流的平板電腦 RAM 規格最高為 1G，而此設備的 RAM 為 4G；CPU 的部分，雖主流平板電腦與本展示設備皆為雙核心處理器，主流平板電腦的處理器時脈大多為 1G，而本展示設備具有 2.2G 的時脈，對於 BIM 軟體的操控與展示，將發揮較高的效能。

- 作業系統

在作業系統方面，多數 BIM 軟體之作業環境皆為 Windows，而現行主流的平板電腦，多數搭載 iOS 或 Android 作業系統，並無法支援常見的 BIM 軟體，因此選用此搭載 Windows 作業系統之展示設備。

- 觸控螢幕

此筆記型電腦透過螢幕的轉置後，則可作為平板電腦使用，因此其具有反應靈敏及 12.1 吋寬螢幕之觸控螢幕，檢修人員可利用觸控筆以手寫的方式輸入檢修結果，增加檢修的便利性。

表 5.2 展示設備規格表

功能名稱	規格說明
設備項目	筆記型電腦(平板可觸控)
出品廠商	HP
型號名稱	Pavilion tx2506
作業系統	Windows Vista Home Premium
顯示器	12.1 吋寬螢幕 (1280x800) 雙觸控
中央處理器	Turion X2 Ultra ZM-82(2.2GHz, 2MB, 800MHz)
記憶體	DDR2 800 2GB x2
圖片	

(資料來源：本研究整理)

第三節 系統開發環境

本節主要介紹 BIM-based 消防安全設備管理系統所採用之開發環境。系統的使用者可分為消防設備師(士)及管理權人，而使用電腦分別為平板電腦及桌上型電腦，為探討如何使消防設備師及管理權人能夠利用 BIM 軟體與雲端伺服器進行資料存取，本研究將整體開發工具與技術規畫如下圖 5.2 所示。

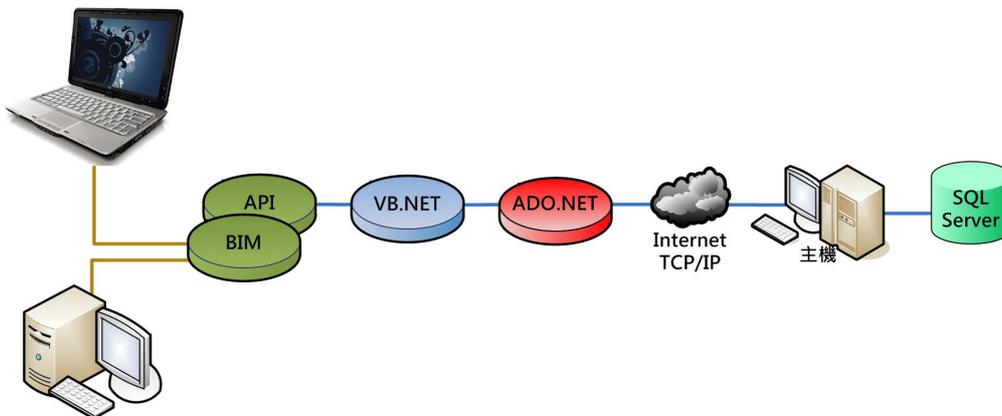


圖 5.2 BIM-based 消防安全設備管理系統開發環境圖

(資料來源：本研究繪製)

本研究主要利用 VB.NET 程式語言與 BIM 軟體所開放的 API 開發 BIM-based 消防安全管理設備系統，將 BIM 模型中的基本參數利用 API 匯出後，藉由 ADO.NET 連結至雲端伺服器中的 SQL Server 資料庫並且存入模型參數；在檢修作業時，亦透過 ADO.NET 擷取 SQL Server 中的相關資訊，展示於 VB.NET 所開發的視窗介面上，提供使用者快速瀏覽及更新相關資訊。

整體開發環境中，資料庫採用的工具為 Microsoft SQL Server 2005；程式開發語言採用 VB.NET，並利用 Microsoft Visual Studio 2008 作為開發工具。因本研究採用的開發語言屬於 .NET Framework 架構，故本研究利用 ADO.NET 作為與資料庫溝通之技術。

一、資料庫：Microsoft SQL Server 2005

SQL Server 2005 是一個功能完備的資料庫平台，利用整合式商業智慧 (BI) 工具，提供企業級資料管理功能。SQL Server 2005 資料庫引擎提供更安全、可靠的儲存環境給關聯式和結構式資料，使能夠建置並管理用於企業的高可用性、高效能資料應用程式[86]。SQL Server 2005 資料引擎是企業資料管理解決方案的核​​心。還結合了最佳的分析、報表、整合和通知功能，以便企業建置及部署高成本效益的 BI 解決方案。透過計分卡、儀表板、Web 服務和行動裝置，幫助團隊將資料帶到企業每一個角落[86]。

SQL Server 2005 包括多項新技術，不管是支援 .NET Framework，或與 Visual Studio 的緊密整合，這些功能都有助於以更低的成本建立安全、強固的資料庫應用程式。SQL Server 2005 可利用各種開發語言的現有技術，同時提供資料庫的端對端開發環境。原生 XML 功能也可以建置跨任何平台或裝置之相連應用程式的新類別。以下之特別功能有[87]：

1. 擴充的語言支援

現在 Common Language Runtime (CLR) 已裝載於資料庫引擎中，開發人員可以從 Transact-SQL、Microsoft Visual Basic .NET 及 Microsoft Visual C# .NET 等各種熟悉的語言中挑選，來開發資料庫應用程式。另外，CLR 裝載提供開發人員更有彈性的自訂類型及函數。開發人員也可以藉著 CLR，使用非 Microsoft 程式碼快速開發資料庫應用程式。

2. 管理性

作為企業資料管理的平台，SQL Server 2005 能提供單一的管理主控台，協助貴公司各地的資料管理員監視、管理及微調整個企業的所有資料庫與相關聯的服務。

4. 線上作業

SQL Server 2005 有線上建立、重建或卸除索引的新功能。線上索引選項允許在索引資料定義語言 (DDL) 執行期間同時修改 (更新、刪除及插入) 基礎資料表或叢集索引資料及任何關聯的索引。另外也添加了在 SQL Server 執行個體執行的同時執行還原作業的能力。

5. 安全性

SQL Server 2005 加強了資料庫平台的安全性模型，以便提供更精確及更有彈性的控制，使資料的安全性更加嚴密。

6. 使用者自訂類型和彙總

SQL Server 2005 中的使用者自訂類型並非物件關聯式擴充性機制。它們是擴充資料庫之純量類型系統的一種方式。純量類型系統包括 SQL Server 內建的資料行類型 (int、nvarchar、uniqueidentifier 等類型)。有了使用者自訂類型，則可以定義的類型，例如可用於資料行定義的類型。

7. 關聯式報表及 OLAP 報表

建置於關聯式資料之上的報表相當有用，但加入額外分析功能的能力可使這類報表更具威力。Reporting Services 可輕易以合併或獨立方式建置報表。SQL Server 2005 支援關聯式資料及 OLAP 資料，提供兩者的查詢編輯器，包括 SQL 查詢編輯器及 MDX 查詢編輯器。

二、開發工具：Microsoft Visual Studio 2008

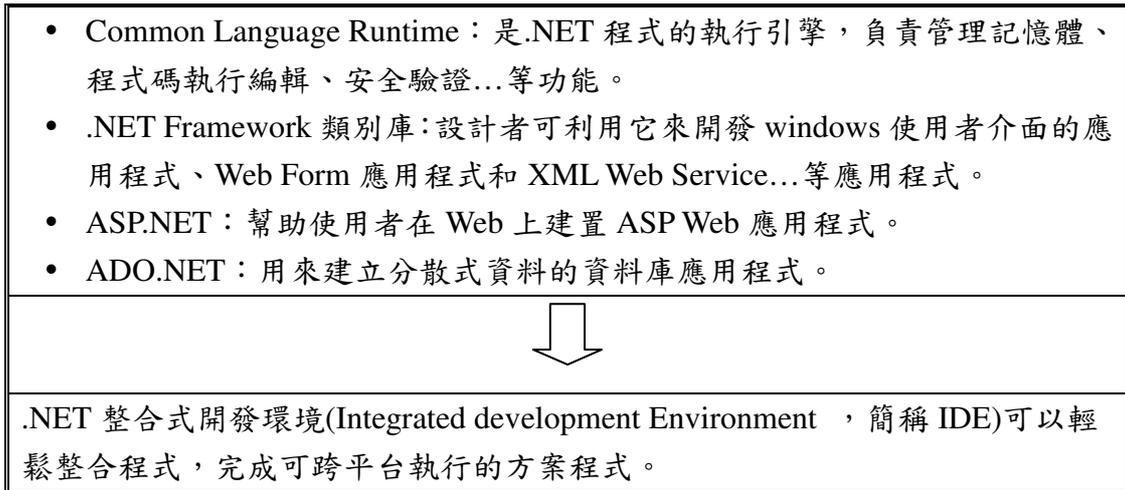
Microsoft Visual Studio (簡稱 VS) 是美國微軟公司的開發工具套件系列產品。VS 是一個基本完整的開發工具集，它包括了整個軟體生命期中所需要的大部分工具，如 UML 工具、代碼管控工具、整合式開發環境等等。所寫的目的碼適用於微軟支援的所有平台，包括 Microsoft Windows、Windows Mobile、Windows CE、.NET Framework、.NET Compact Framework 和 Microsoft Silverlight。而 Visual Studio .NET 是用於快速生成企業級 ASP.NET Web 應用程式和高效能桌面應用程式的工具。Visual Studio 包含基於元件的開發工具 (如 Visual C#、Visual J#、Visual Basic 和 Visual C++)，以及許多用於簡化基於小組的解決方案的設計、

開發和部署的其他技術[88]。

Visual Studio 套裝軟體主要是由程式語言、各類應用程式設計工具、微軟發展之新一代運算平台 .NET Framework 三部份所組成。由於網際網路的普及，形成許多網路應用程式是由不同公司使用不同程式語言(例如：C++、VB、Java 等)所開發出來，正因為開發程式與設計工具的不同，往往造成網路不同平台之間溝通上的困難。例如：在網路上執行一個應用程式時，系統卻出現「無法執行此程式，因為缺少...驅動元件，請先下載或更新..」的訊息，為了改善上述的情況，並且讓電腦與通訊設備能彼此整合、應用程式順暢的跨平台運作，微軟公司便架構了新的運算平台 .NET Framework。 .NET Framework 運算平台主要透過網路共通 XML(eXtensible Markup Language，延伸標記語言)來進行資料的傳遞與轉換，因此不論軟體工程師用何種語言來開發應用程式，只需利用 Visual Studio.NET 進行整合與建置，一旦通過測試就可以在網路上，讓不同作業系統的使用者執行，不需撰寫各作業系統間所要使用的驅動程式[90]。表 5.3 為 Visual Studio 開發工具與說明。

表 5.3 Visual Studio.NET 架構與運作

Visual Studio.NET 完整開發工具(三大架構說明表)	
(A)程式語言開發工具	(B)應用程式設計工具
• Visual Studio.NET	• ASP.NET Mobile Web 設計工具：開發行動電話、PDA、Web 應用程式。
• Visual C++.NET	• 智慧型裝置應用程式：開發 PDA、行動電話和其他智慧型裝置的應用程式。
• Visual C#.NET	• Web Form 元件：會轉譯為瀏覽器相容 HTML 指令碼，讓任何平台上的任何瀏覽器檢視網頁。
• Visual J#.NET	• Windows Form 元件：幫助使用者建立表單式 windows 應用程式。
	• XML 設計工具與支援：以 XML 來描述結構化的資料，適合在 Web 上進行資料的傳輸。
	• XML Web Service：透過 HTTP 通訊協定，使用 XML 架構接收與傳遞資料的應用程式。
	
(C)架構在 .NET Framework 後端的運算平台	



(資料來源：[90])

.NET 代表者微軟下一代針對 Windows 與 Internet 應用程式的開發平台，對開發者而言，微軟試圖以.NET 來簡化應用程式的開發與部署，並使用 Web 服務以做為設計與部屬以做為分散式應用程式最好的方法。微軟將 Windows 開發平台重新設計成新的 .Net Framework，在這個架構中包含了執行環境、更新的 (Updated) 程式語言，以及為數眾多的類別庫。對開發者而言，他是一組系統服務、類別以及資料型別，以提升開發者的生產力，因為 .NET 處理了很多讓元件能夠交互運作/擴充的、低階的細節問題，讓開發者可以集中心力在功能的開發 [91]。 .NET Framework 是一個「層級」(Layered) 分明的類別與服務系統，以作業系統的服務開始移往系統層級的類別(基礎類別庫)與抽象類別(ASP.NET)，圖 5.3 為 .NET Framework 的示意圖：

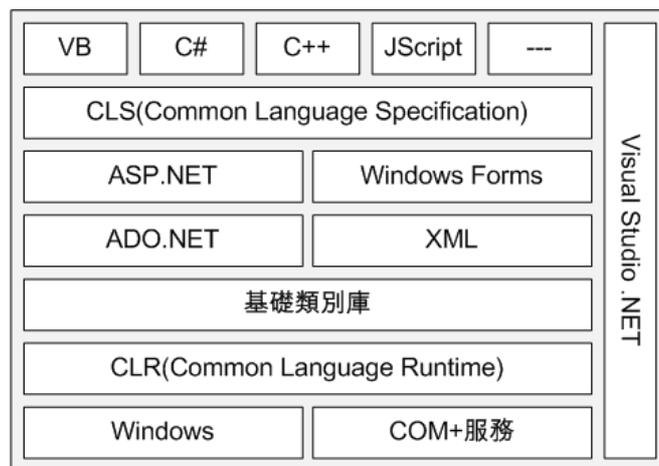


圖 5.3 NET Framework 示意圖

(資料來源：[91])

- Common Language Runtime(CLR)：一個豐富的執行期間環境，為開發者處理執行期間的工作，包括記憶體管理與回收，並且為所有的程式語言定義一個「一般型別工作」。
- 基礎類別庫：這是在 Framework 中一組可以從其他類別繼承或延伸的類別。
- 延伸類別庫：這些類別延伸自基礎類別庫，而且被設計成容易快速地開發出一種特定的應用程式。
- 一般語言規格：定義.NET 語言的需求，指定與.NET 相容語言必須遵守的規則。其中一個規則是語言必須依附於一個一般型別系統。
- 多重設計程式語言：.NET Framework 為許多語言提供一個平台與統一的程式設計模組。
- Visual Studio .NET：一個撰寫程式的整合開發環境。由於它提供的工具可以存取.NET Framework 每個部分，因此，在以上的示意圖中 Visual Studio .NET 橫跨上下。

三、程式語言：VB.NET

在 Visual Basic 1.0 於 1991 年推出前，程式撰寫者必須精通 C++ 程式設計以及 Windows 系統本身的建立架構(Windows API)。由於這樣的複雜關係，只有鑽研於此或是受過良好訓練的程式設計者才有能力來了解在 Windows 上執行的軟體運作情形。Visual Basic 改變了以往這些情況，目前以 Visual Basic 所寫的程式碼與以其他程式語言所撰寫的程式碼一樣多。

Visual Basic 利用免去撰寫使用者介面(user interface, UI)來改變 Windows 程式化的方法。相反地，透過程式撰寫者能設計他們自己的使用者介面，Visual Basic 讓他們專注在想解決的商業問題上。一旦使用者介面設計出來後，程式撰寫者就能增加程式碼來執行事件。當微軟推出 Visual Basic 3.0 時，程式設計的方式又再次變革。微軟透過資料存取物件(Data Access Objects, DAO)的推出，讓使用者直接使用資料庫應用程式，使用者簡單地使用資料就像操作使用者介面的方式一樣。版本 4.0 和 5.0 拓展了版本 3.0 的功能，它讓程式開發者能將目標對準新的 Windows 95 平台。它們也讓程式開發者能更容易地撰寫程式，而這些程式也能被其他語言的程式開發者所使用。版本 6.0 結合了 ActiveX Data Object (ADO)來提供一個存取資料庫的新方式。ADO 是由微軟開發，用來幫助使用 ASP (Active

Server Pages)的程式開發者執行存取資料庫的動作。經由 Visual Basic 這幾年不斷累積的改革，確保了 Visual Basic 在程式開發領域中佼佼者的地位。Visual Basic 幫助程式開發者能在一定的時間內撰寫出完善且質優的應用程式。

隨者 Visual Basic.NET 的誕生，許多過去的限制現在都已不復存在(例如無法提供像 C++和 Java 語言這類複雜語言的所有功能)。現在，微軟已將這些限制去除，並讓 Visual Basic.NET 成為一個功能強大的開發工具，成為所有領域的程式開發者的良好選擇[89]。VB.NET 具有許多功能特性[90]：

1. 物件導向

在 VB.NET 已經完全是物件導向的程式語言。在設計的程式中，每個項目都可以視為是物件(Object)，每個物件都有它自己的屬性(Properties)、可以使用的方法(Methods)和所支援的事件(Events)。除此之外，物件還具有繼承(inheritance)、封裝(Encapsulation)和多型(polymorphism)等特性。

2. 事件驅動

VB.NET 允許程式執行是由滑鼠或鍵盤等輸入設備來觸動事件，以執行對應的事件程序。

3. 資料庫連結

VB.NET 中以 ADO.NET(.NET Framework 核心元件之一)作為應用程式與資料庫間的連結橋樑，可以整合 Access、SQL、Dbase、Oracle 等資料庫。

4. .NET Framework

.NET Framework 本身是一種新的運算平台，可以簡化在網際網路中應用程式的開發。VB.NET 透過.NET Framework 所提供的元件和一致的物件導向程式設計環境，來開發各式各樣的應用程式。

5. 多個程式語言的整合

在 Visual Studio.NET 整合開發環境中，各個支援.NET Framework 的程式語言，可以彼此引用對方的類別程式庫，並在整合開發環境中輕鬆整合。

6. 網際網路

利用 VB.NET 可以輕鬆設計 Web 應用程式，XML Web Service 等網際網路相關應用程式

第四節 BIM-based 消防設備資料庫設計

資料庫即指針對特定需求所整理與組織的相關資料匯集處，而其系統就是電腦化的資料記錄儲存系統，本身可被視為一電子檔案櫃，存放著電腦化的資料檔案，資料庫系統的使用者可以對這些資料檔案執行許多的動作如新增、擷取、刪除、修改及移除[110]。資料庫是應用程序存取資料的來源，在建構資料庫之前，要先建立出實體關係模組(Entity-Relationship Model, E-R Model)，而目的在於將資料庫需求分析予以具體化，並藉由實體與實體之間的關聯性，繪製出資料庫的設計架構，以有助於資料庫的建構。

關聯式資料庫模型(Relational Database Model)是 1970 年時由 IBM 研究員 E. F. Codd 博士所開發的資料庫模型，其理論基礎為數學中的集合論(Set Theory)，不同於階層式或是網路式模式使用低階指標連結資料，關聯式資料庫模型是使用資料值(Data Value)來建立關聯，支援一對一、一對多和多對多關聯性，並以 E-R Model(Entity-Relationship Model) 來表達出資料庫之模型。E-R Model(Entity-Relationship Model)於 1976 年時由美籍華裔計算機科學家陳品山(Peter Chen)發明，是概念數據模型的高層描述所使用的數據模型或模式圖，它為表述這種實體聯繫模式圖形式的數據模型提供了圖形符號。實體聯繫模式圖(ERD)有一些約定，主要與概念建模有關，有一些概念更加典型的在邏輯和物理資料庫設計中採用，包括信息工程、IDEF1x(ICAM DEFinition Language) 和空間建模[111]。E-R Model 中則具備了 ER Diagram、實體定義書、屬性定義書，並依設定之主索引鍵(Primary key, PK)及外來鍵(Foreign key, FK)進行資料表邏輯關係之聯結來取得其他資料表之資訊，且須再針對每個實體中的屬性作細部的定義，像是索引、屬性以及資料類型等等。表格與表格之間可能有某些關聯性，關聯式資料庫正是利用關聯性而將表格串聯成有組織的資料集合。

本研究採用 Microsoft SQL server 2005 資料庫管理系統進行資料庫設計。其發展乃以網際網路環境為基礎，搭配資料資料庫技術之下，協助開發檢修系統之各項功能，以期能使 BIM 模型、API 系統與報表程式等系統功能整合運作。本研究所規劃的 BIM-based 消防安全設備管理系統中，除了將部分基本資料儲存於 BIM 模型中，其主要的檢修資料皆儲存於 BIM-based 消防設備資料庫，亦為前節所提到的 SQL Server 資料庫。將檢修資料儲存於外部資料庫之目的在於

完整儲存檢修紀錄與降低 BIM 模型的負荷，以加快整體系統在資料讀取的完整性與效率。本研究於第四章第三節中，透過多方的專家訪談與資料的彙整，確立滅火器檢修作業時所需之資訊，而本節主要目的在於設計一關聯式資料庫 (Relational Database)，將整體需求的資訊進行正規化，有系統地存取設備檢修資訊。

考量本研究為一可行性之研究，僅初步建立一系統雛型，而其雛型系統之資訊項目，經由相關文獻、研究報告與實際訪談之結果，彙整最終之消防安全設備檢修作業之資訊項目與內容於第四章所述，然本研究視實際資訊之取得情形與實務操作情況，根據第四章所得之資訊進行篩選，以作為本雛型系統之資訊項目。而為考量資訊的正確性及檢修人員取得資訊的完整性，因此歷史檢修資訊在送件審核後，其資料便不可更改。故在設計資料庫時，必須留存為歷史紀錄之資訊項目將設計為一對多或多對多(例如設備檢查表單、檢查人員與檢修器材等資料)。

本研究針對消防安全設備檢修作業之檢查表內容，將整體資料庫內容彙整為設備檢查表資料、檢修人員資料、檢修器材資料、檢修項目資料、檢修結果資料、設備種類資料與消防設備資料等 7 個實體進行實體關聯圖設計(如圖 5.4 所示)。資料庫設計關係整個系統資料儲存與程式執行速度，因此設計時應避免資料儲存位置重複及衝突，而本研究在資料庫設計過程中使用正規化手法來達到此目的。

此資料庫的主要目的在於儲存整體消防安全設備檢修資料，並將 BIM 模型中的相關設備對應至檢修資料中，故在消防設備資料的實體中，增加「BIM 模型編號」之屬性，使實際的消防設備編號與 BIM 模型中所對應的設備編號產生連結，故將此資料庫命名為 BIM-based 消防安全設備檢修資料庫。消防安全設備種類繁多，資料庫內除了必須要儲存整體設備資料，並且需要將各設備之種類進行區分，以使系統能夠自動判別設備種類，進而展示檢修表單與檢修項目，提供檢修人員紀錄檢修資訊。因此將消防設備資料與設備種類資料之關係設計為多對一；不同的設備種類，其在檢修過程中皆有不同重點的檢修項目，亦會依據種類的不同，產出不同的檢查表單，因此將設備種類資料與檢修項目資料和設備種類資料與檢查表單之關係皆設計為一對多。

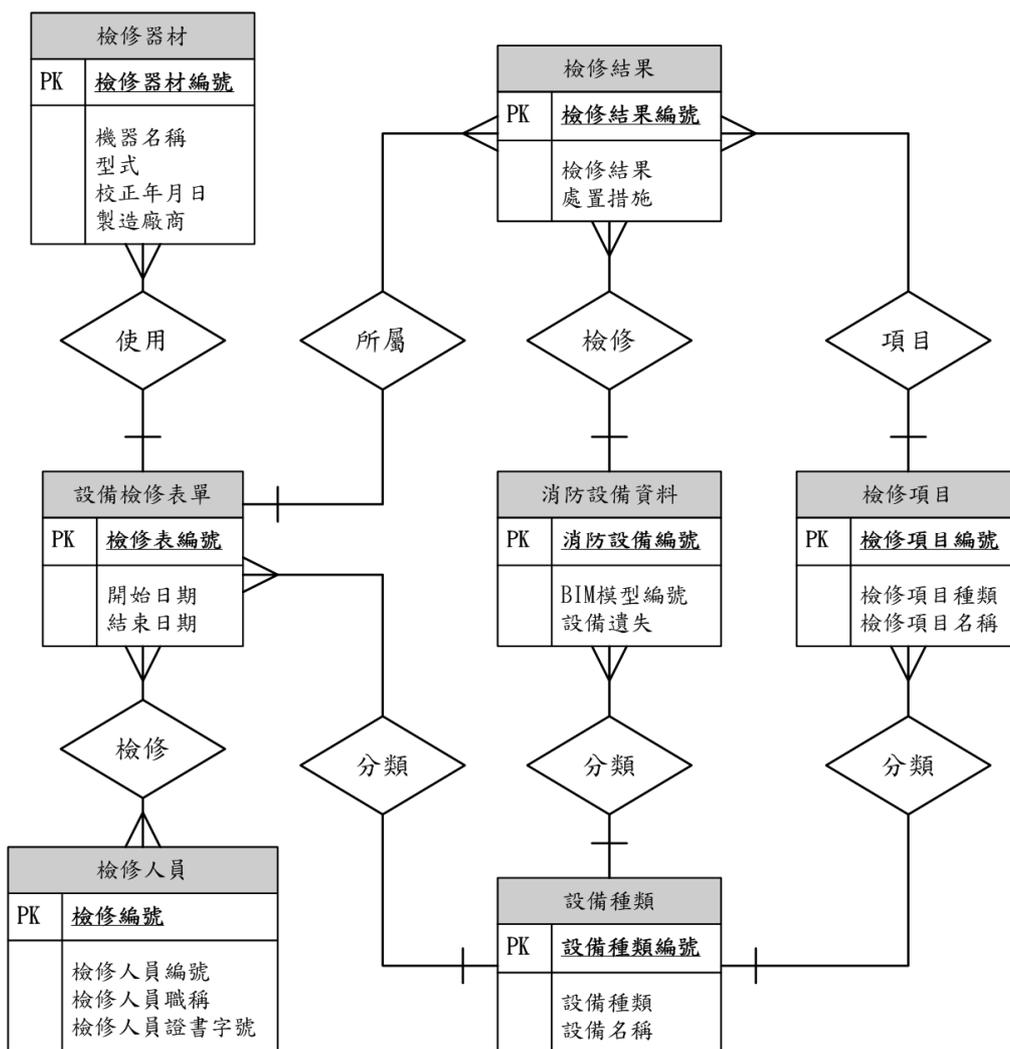


圖 5.4 BIM-based 消防安全設備檢修資料庫 E-R Model

(資料來源：本研究繪製)

以滅火器檢查表為例，一份滅火器檢查表包含檢修人員、檢修器材、檢修結果三大資訊；此四大資訊分別為多對多、一對多及一對多的關係，亦為一份滅火器檢查表包含了多個檢修人員、多個檢修器材與多個檢查結果，但在檢修人員部分，單一檢修人員可能負責多份檢查作業，故檢修人員與檢查表資料設計為多對多之關係。而本研究考量每次檢修作業的負責廠商可能有所不同，不同的廠商可能使用相同的設備，因此單一檢修器材主要為單一檢查表中的資訊，避免設備資訊重複的可能，故檢修器材與檢查表資料設計為一對多之關係。在檢查結果方面，在滅火器檢查表中包含了許多的檢查結果，而每一個結果僅對應單份表單，因此設計為一對多之關係；而每一份檢查表單中的單一檢查項目僅能有一個檢查結果，因此檢查結果資料與檢查項目資料設計為一對。

完成 E-R Model 設計後，針對各實體間之關聯性進行資料表規劃，並建置於

Microsoft SQL Server 2005 資料庫中，整體資料庫建置結果及屬性設定請參閱圖 5.5 及表 5.4 至表 5.10 所示。資料表各欄位所代表之意義以及欄位中資料的意義說明如下：

- 欄位名稱：代表實體的屬性資料
- 索引：利用主要關鍵索引(Pimary Key,PK)及外部關鍵索引(Foreign key, FK)串連資料表。
- 資料類型：表示其資料的格式。
- 允許 null：表示該欄位是否允許空值，若不允許空值，則在新增資料列匙時必須填寫資料。
- 預設值：表示新增資料列時該欄位預設的值。以下將自動編號稱為流水編號，亦表示系統由起始值=1 開始自動增量，達到流水編號的效果。

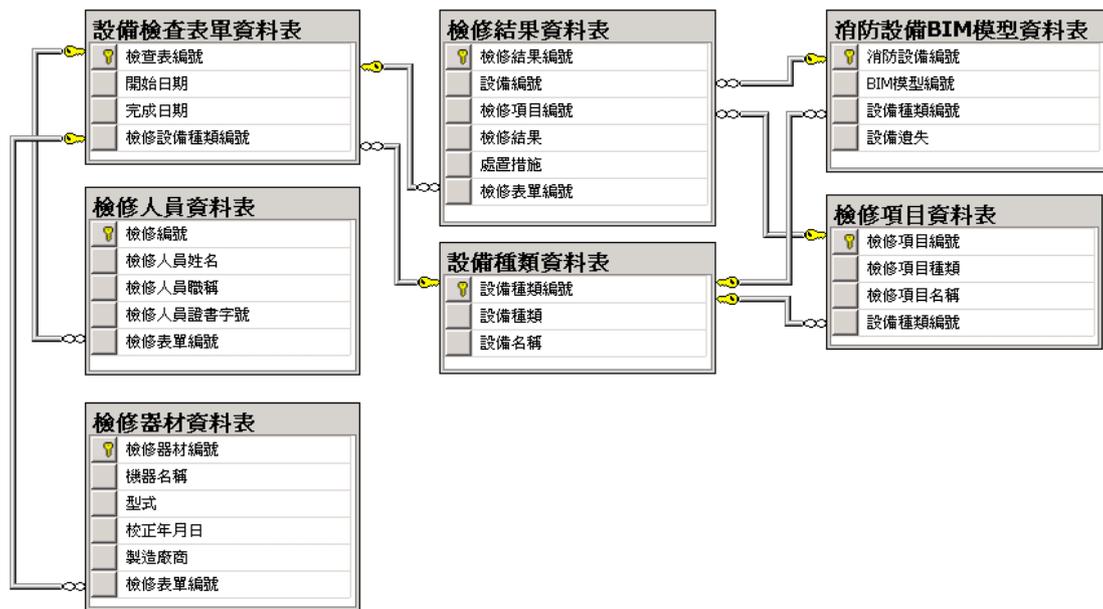


圖 5.5 BIM-based 消防安全檢修管理系統資料庫關聯圖

(資料來源：本研究繪製)

表 5.4 消防設備 BIM 模型資料表

欄位名稱	索引	資料類型	允許 null	預設值
消防設備編號	PK	數字	否	流水編號
BIM 模型編號	FK	數字	否	(BIM 模型編號)
設備種類編號	FK	數字	否	-
設備遺失		是/否	是	否

(資料來源：本研究整理)

表 5.5 設備種類資料表

欄位名稱	索引	資料類型	允許 null	預設值
設備種類編號	PK	數字	否	流水編號
設備種類		文字	否	-
設備名稱		文字	否	-

(資料來源：本研究整理)

表 5.6 設備檢查表單資料表

欄位名稱	索引	資料類型	允許 null	預設值
檢查表編號	PK	數字	否	流水編號
開始日期		日期	否	1900/01/01
完成日期		日期	是	1900/01/01
檢修設備種類編號	FK	數字	否	-

(資料來源：本研究整理)

表 5.7 檢修項目資料表

欄位名稱	索引	資料類型	允許 null	預設值
檢修項目編號	PK	數字	否	流水編號
檢修項目種類		文字	否	-
檢修項目名稱		文字	否	-
設備種類編號	FK	數字	否	-

(資料來源：本研究整理)

表 5.8 檢修結果資料表

欄位名稱	索引	資料類型	允許 null	預設值
檢修結果編號	PK	數字	否	流水編號
設備編號	FK	數字	否	-
檢修項目編號	FK	數字	否	-
檢修結果		文字	否	-
處置措施		文字	否	-
檢修表單編號	FK	數字	否	-

(資料來源：本研究整理)

表 5.9 檢修人員資料表

欄位名稱	索引	資料類型	允許 null	預設值
檢修編號	PK	數字	否	流水編號
檢修人員姓名		文字	否	-
檢修人員職稱		文字	否	-

檢修人員證書字號		文字	否	-
檢修表單編號	FK	數字	否	-

(資料來源：本研究整理)

表 5.10 檢修器材資料表

欄位名稱	索引	資料類型	允許 null	預設值
檢修器材編號	PK	數字	否	流水編號
機器名稱		文字	否	-
型式		文字	否	-
校正年月日		日期	是	1900/01/01
製造廠商		文字	是	
檢修表單編號	FK	數字	否	-

(資料來源：本研究整理)

第五節 系統建置

此節將針對本章所規劃的系統功能，透過 BIM 軟體所提供的 API 與程式語言 VB.NET，實際開發 BIM-based 消防安全設備管理系統雛型，藉以整合消防設備檢修資料庫與 BIM 模型中的設備資訊與檢修資訊，達到簡化檢修流程與視覺化檢修狀況之目的。以下將依序說明此系統流程(如圖 5.6 所示)與操作介面。

1. 系統流程

- Step 1. 開啟已建置完成之 BIM 模型，此 BIM 模型必須符合第四章所述的建置內容，以符合系統在資訊存取之基本需求。
- Step 2. 檢修人員或管理者透過 BIM 模型中所呈現的設備位置及設備資訊，清楚地掌握整體設備配置狀況，規劃檢修路線與設備檢修順序。
- Step 3. 於 BIM 模型中選取欲檢修之設備模型，並開啟本研究所開發之系統。
- Step 4. 系統將自動判別使用者是否選取消防設備，若使用者無選取任一設備或選取非消防設備之模型(如柱、樑、牆...等等)，系統會給予錯誤訊息並指示選取正確之消防設備。
- Step 5. 當使用者開啟系統時，系統將自動連接網路上的 BIM-based 消防安全設備檢修資料庫，並分析選取設備在 BIM 模型的相關資訊，整理為系統所

需呈現之資訊，如設備種類、設備基本資料、設備所在位置...等等。

- Step 6. 若使用者為第一次開啟系統時，必須將 BIM-based 消防安全設備檢修資料庫進行初始化的動作，換而言之，亦是將 BIM 模型裡的消防設備資訊輸出至該資料庫中，使資料庫的資訊能夠與 BIM 模型中的設備進行對應。當 BIM 模型發生變更時(如室內配置改變)，則使用者必須再行更新資料庫之動作。
- Step 7. 新增或編輯現存的設備檢查表單。當系統開啟時，系統將自動判別選取設備所對應的檢查表單，呈現該設備種類需檢修之項目，並調閱歷史檢修紀錄，方便使用者參考歷史檢修狀況，直接於系統上說明設備檢修結果(如缺失與處置措施)。
- Step 8. 在檢修的過程中，使用者可針對特定表單的檢修狀況進行視覺化，於 BIM 模型所提供的 3D 環境中，直覺地查閱設備檢修狀況。
- Step 9. 當整體消防設備皆完成外觀檢查及性能檢查的抽檢後，可利用系統自動分析整體的設備設置狀況(如滅火器的設置間隔與設置數量)。
- Step 10. 最後系統將以檢修表單為單位，統計整體設備檢修狀況，並輸出設備檢查表結果，簡化內業二次整理時間。

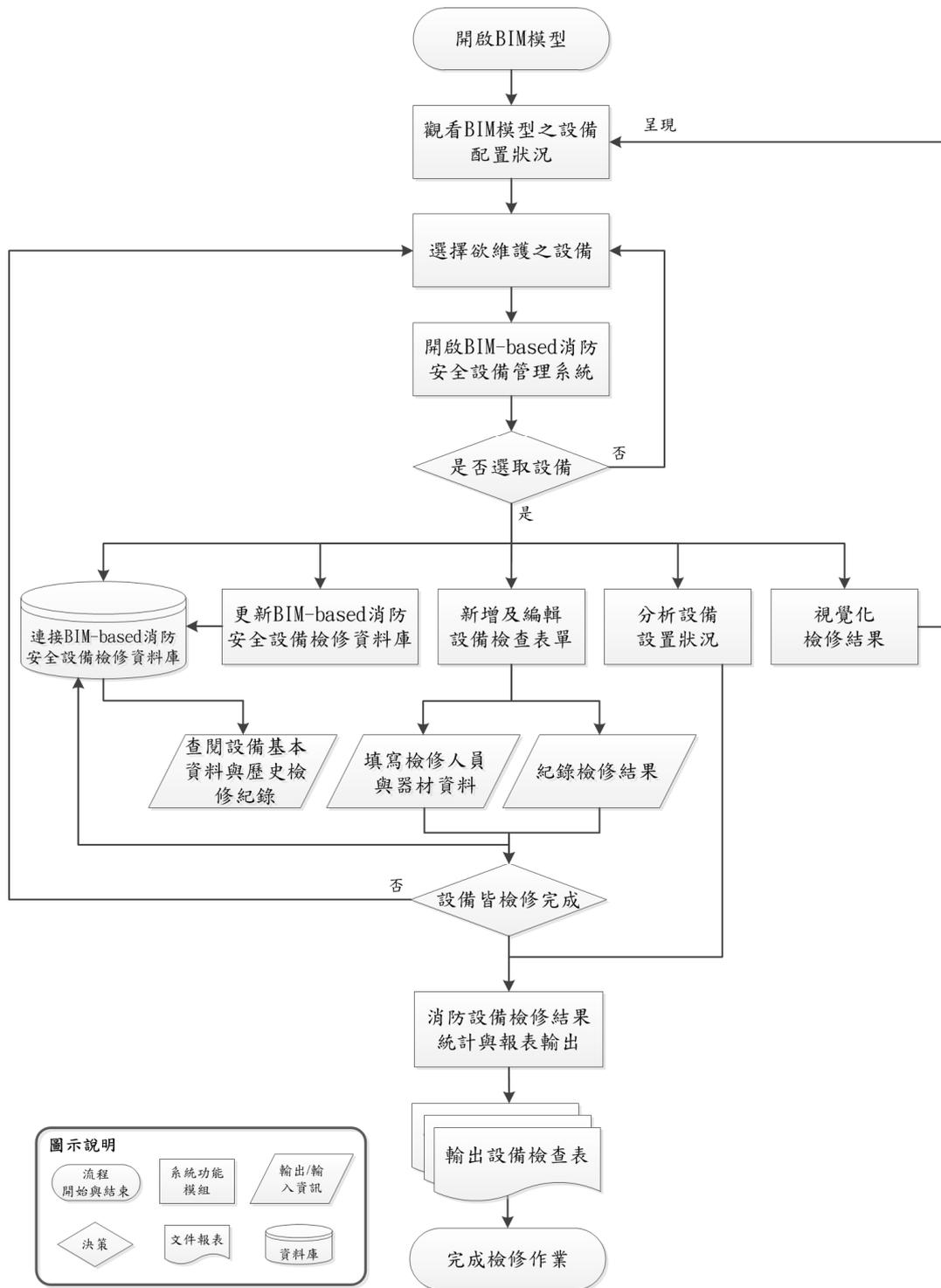


圖 5.6 BIM-based 消防安全設備管理系統流程圖

(資料來源：本研究繪製)

2. 系統操作介面

依據本章第一節所規劃的功能模組，設計 BIM-based 消防安全設備管理系統。此系統的主要使用者為管理權人與檢修人員，考量檢修人員現場作業之方便

性，因此介面盡量以簡潔的方式呈現，其相關功能設計為按鈕式操作，使檢修人員警須點選按鈕，即可讓程式執行繁雜的統計與分析，達到簡化流程之功效。BIM-based 消防安全設備管理系統之功能大致可分為檢修表單記錄、歷史檢修紀錄、檢修結果統計表、檢修報表匯出、設備設置狀況分析與檢修結果視覺化等。在介面的設計，將介面分為檢修選單與功能選單(如圖 5.7 所示)，檢修選單會依據使用者所選擇的設備，呈現設備編號、設備種類、設備基本資料、歷史檢修紀錄及需檢修項目，系統亦會呈現當前設備檢修的清單，提供檢修人員詳細的檢修資訊；在功能選單方面，由左至右依序為新增表單、更新資料庫、匯出檢修報表、設置狀況分析與檢修狀況視覺化。以下將詳細說明各選單所建置內容。



圖 5.7 系統介面選單與功能示意圖

(資料來源：本研究繪製)

BIM-based 消防安全設備管理系統是透過 Revit 所提供的 API 進行開發，因此允許將系統封裝為軟體內的功能之一，提供使用者點選使用。整體檢修過程中，應逐一設備進行檢修，故系統在被開啟時，自動判斷使用者是否點選物件，

若使用者為點選欲檢修之設備物件，則系統將呈現提示畫面，要求使用者點選設備進行檢修(如圖 5.8 所示)。

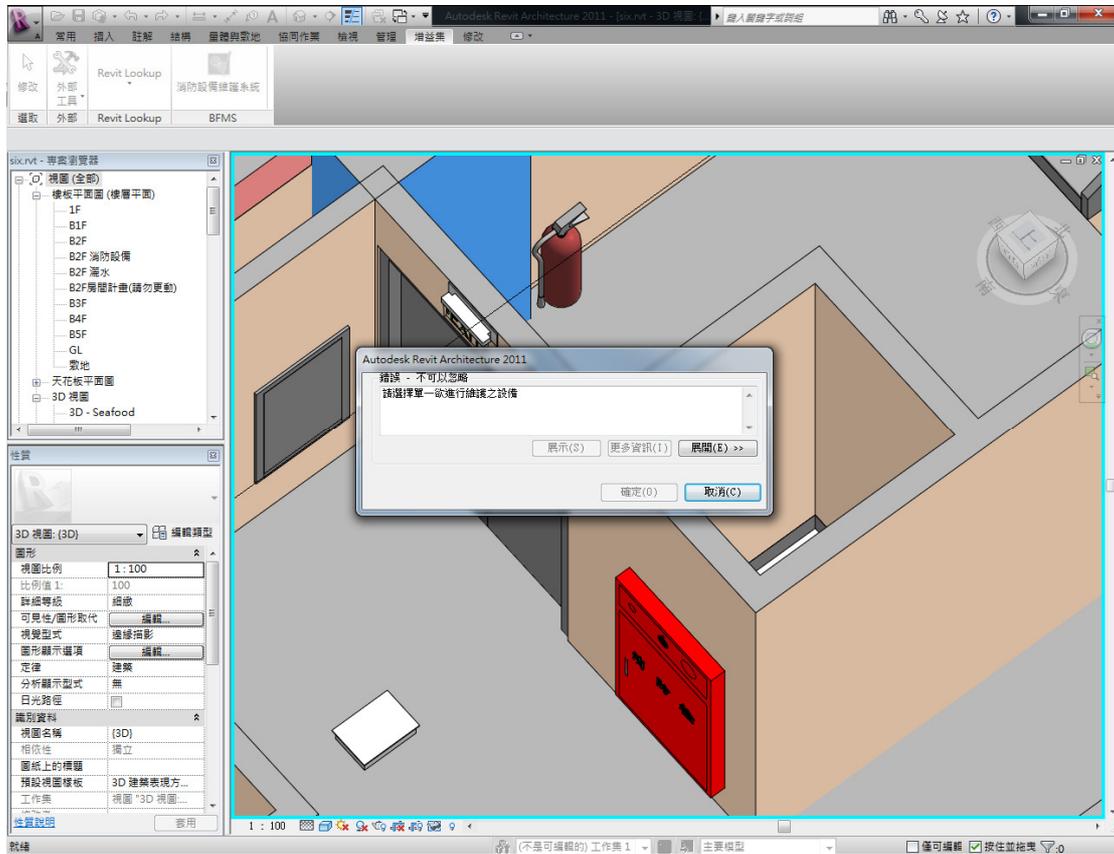


圖 5.8 系統提示畫面示意圖

(資料來源：本研究繪製)

當使用者點選欲檢修之設備物件並開啟本系統時，則系統將自動判斷該設備物件之編號，並連接 BIM-based 消防設備檢修資料庫查詢相關資訊，呈現於系統上。在本系統中，檢修資料庫已含有消防署所公布的消防設備種類清單，當系統於取得某設備編號後，則於資料庫中查詢該設備所屬種類，自動於系統上作選擇，並展示該種類相關的檢修表單編號與需檢修項目於系統中。若檢修人員發現實際設備並非於模型標示之位置，則檢修人員可按下遺失按鈕，系統將會紀錄該設備遺失之訊息。圖 5.9 展示模型編號、設備遺失按鈕與設備種類選之位置與內容。

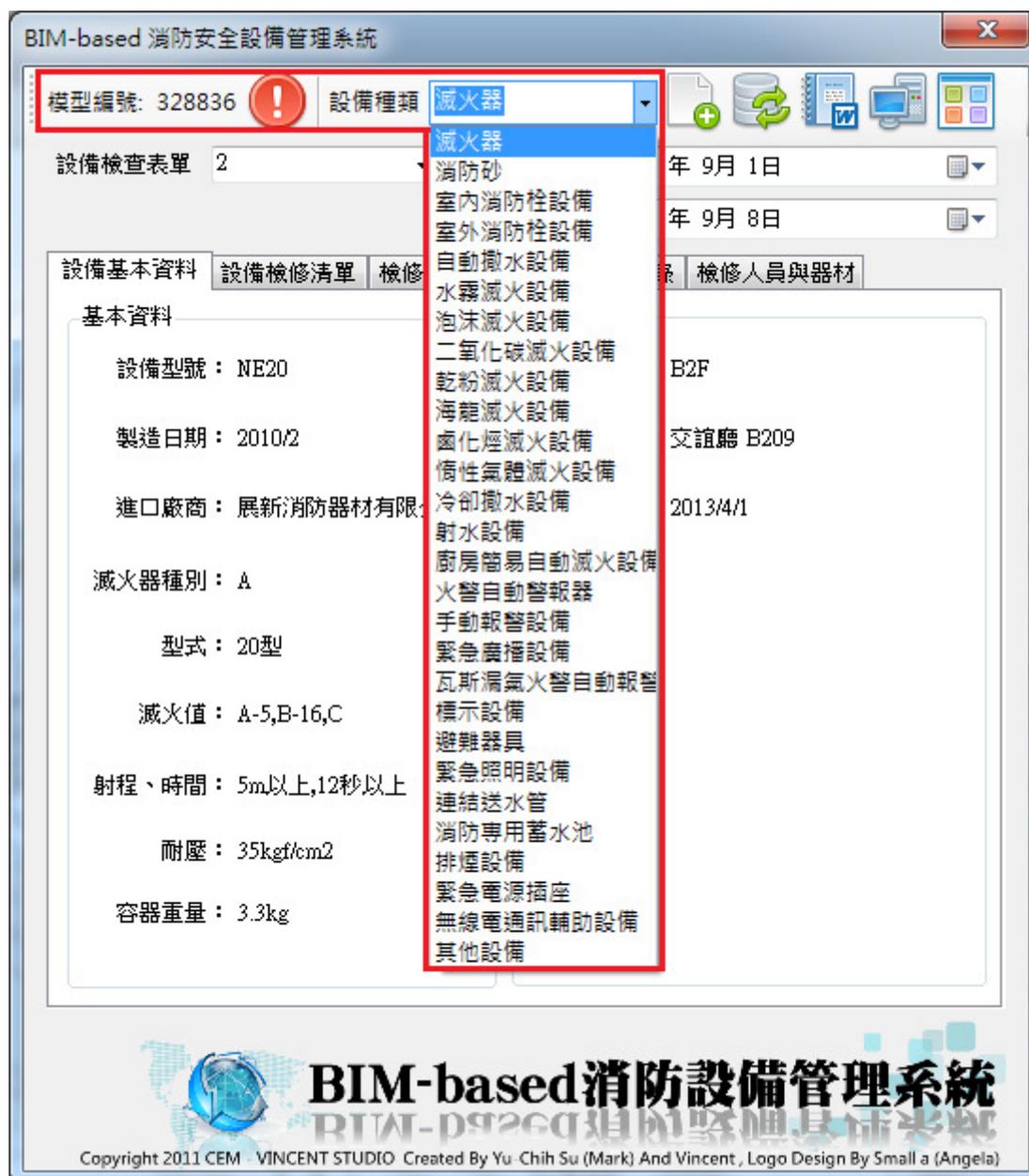


圖 5.9 系統呈現設備模型編號與種類示意圖

(資料來源：本研究繪製)

在功能選單方面，圖 5.10 詳細指出各項功能按鈕之名稱，已下分針對各項按鈕功能進行說明：

- 新增表單

此系統必須支援各項消防設備的檢修內容，而在現行的檢修作業中，各項設備種類皆有獨特的檢修項目，因此當檢修人員進行新的檢修作業或檢修不同設備時，則可透過此按鈕新增該種類的表單。當檢修表單被新增時，則可開始針對該種設備進行全盤性的檢修。



圖 5.10 系統功能選單按鈕功能示意圖

(資料來源：本研究繪製)

- 更新資料庫：本研究提出的 BIM-based 消防安全設備檢修資料庫，在上節中已有完整的資料庫架構，如何快速地將其與 BIM 模型中的設備物件進行連結，為此按鈕所提供的功能。此功能必須在系統首次執行時與模型變更時使用，資料庫更新結果如圖 5.11 所示，系統自動將 BIM 模型編號輸出至資料庫中的「消防設備 BIM 模型資料庫」，使消防設備編號能夠對應至 BIM 模型，進而對應該設備之設備種類與檢修項目。

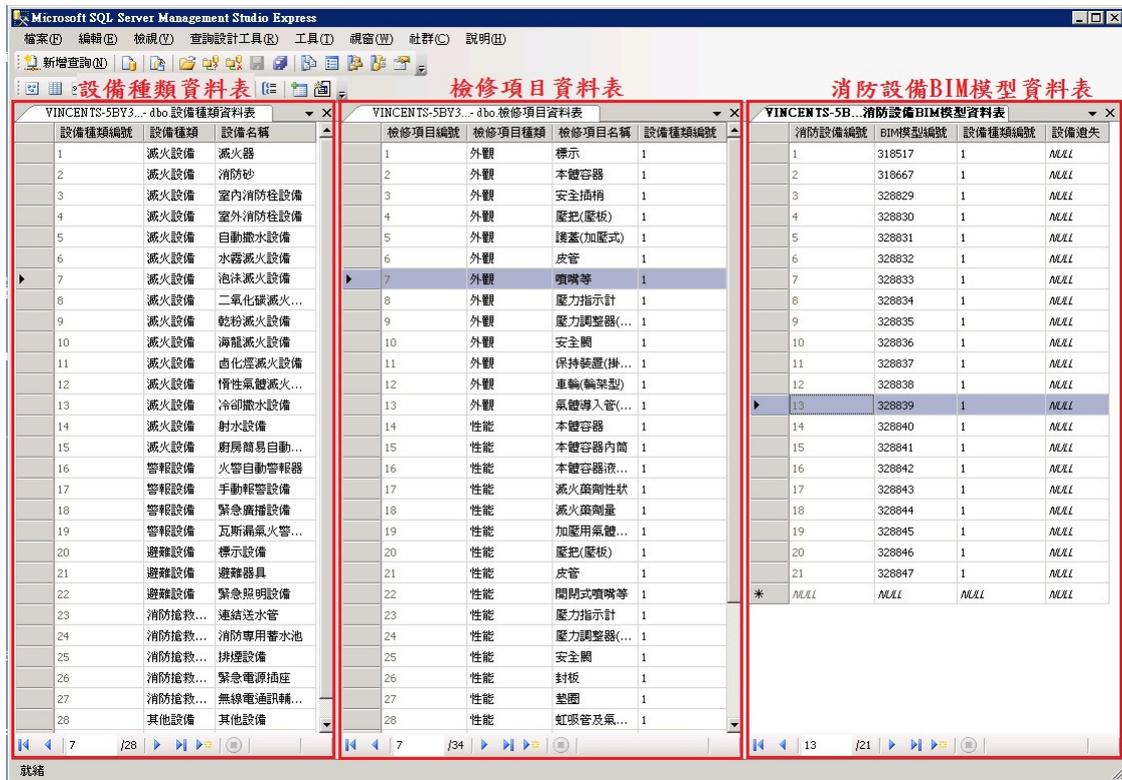


圖 5.11 系統更新資料庫結果示意圖

(資料來源：本研究繪製)

- 匯出報表：當檢修人員完成某項設備種類中的所有設備檢修，則可透過此按鈕將檢修結果統計並匯出為制式的設備檢修資料表，提供檢修人員整理檢修報告書之用。匯出檢查結果如圖 5.12 及圖 5.13 所示。

滅火器檢查表										
檢修項目	滅火器種類					判定	不良狀況	處理措施	檢修結果	
	A	B	C	D	E					
外觀檢查										
設置狀況	設置數量					0				
	設置場所	0				0	/	/		
	設置間隔					0				
	適用性	0				0	/	/		
標示		2				2	328842:未設標示牌	328842:補設		
滅火器	本體容器	0				0	/	/		
	安全插梢	0				0	/	/		
	壓把(壓板)	0				0	/	/		
	握蓋(加壓式)	0				0	/	/		
	皮管	1				1	328842:皮管破裂	328842:更換		
	噴嘴等	0				0	/	/		
	壓力指示針	1				1	328842:無壓力	328842:充壓		
	壓力調整器	0				0	/	/		
	安全閥	0				0	/	/		
	保持裝置	1				1	328842:未固定	328842:補設		
車輪(輪型)	0				0	/	/			
氣體導入管	0				0	/	/			
性能檢查										
本體容器	本體容器	0				0	/	/		
	內筒	0				0	/	/		
滅火劑	液面指示	0				0	/	/		
	性状	1				1	328842:磨削面化	328842:更換		
滅火劑量	0				0	/	/			
加壓用氣體容器	0				0	/	/			
壓把(壓板)	0				0	/	/			
皮管	0				0	/	/			
閉鎖式噴嘴等	0				0	/	/			
壓力指示針	0				0	/	/			
壓力調整器(輪型)	0				0	/	/			
安全閥	0				0	/	/			
封板	0				0	/	/			
墊圈	0				0	/	/			
紅環管及氣體導入管	0				0	/	/			
過濾器	0				0	/	/			
放射能力	0				0	/	/			
備註										
檢修器材	機器名稱	型式	校正年月日	製造廠商	機器名稱	型式	校正年月日	製造廠商		
	固定台	/	1900/00/01	∞公司	拆卸板手	/	1900/00/01	∞公司		
	內視鏡	/	1900/00/01	∞公司	磅秤	CTY	1900/00/01	∞公司		
檢修日期	自 2011 年 9 月 19 日至 2011 年 9 月 28 日									
檢修人員	姓名	職稱	經手字號	簽章	姓名	職稱	經手字號	簽章		
	蘇郁智	消防設備師	消防士字號 9999 號		周信雄	消防設備師	消防士字號 8888 號			
	謝一鈺	消防設備士	消防士字號 7777 號							

圖 5.12 設備檢查表匯出結果示意圖

(資料來源：本研究繪製)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		樓層	場所	器具種類 名稱	設置數量	檢修數量	合格數量	放射能力 測試數量	要修理數 目	廢棄數量
2	外觀檢查	B2F	教學大樓	A型	21	21	16	/	5	0
3	性能檢查	B2F	教學大樓	A型	21	10	7	1	3	/
4										
5										

圖 5.13 設備檢查結果統計表示意圖

(資料來源：本研究繪製)

- 設置分析：此功能主要在計算消防設備設置位子與數量是否符合法規之需求，在本研究中僅針對滅火器之設置間隔與設置數量進行分析。BIM 模型中紀錄了各項設備的位置，並能夠提供該位子的場所名稱與樓地板面積，因此本系統僅需取得該項資訊，及可將法規條件化，透過程式系統全盤地的自動分析設置狀況，若設置間隔或數量不合法規需求，則系統將會自動警示管理權人或檢修人員，使其進行適當的處置措施。
- 檢修結果視覺化：根據本研究在應用模式所規劃的檢修狀況視覺化呈現方式，透過此按鈕實現於系統中。當檢修人員進行設備檢修時，可藉由此按鈕視覺化整體設備檢修狀況，其呈現結果如圖 5.14 所示，BIM 模型自動依據檢修狀況呈現不同顏色，紅色表示「設備遺失」，藍色表示「設備尚未檢修」，綠色表示「設備良好」，黃色表示「設備異常」。透過視覺化的呈現，管理權人與消防設備師皆可清楚的釐清整體檢修狀況。

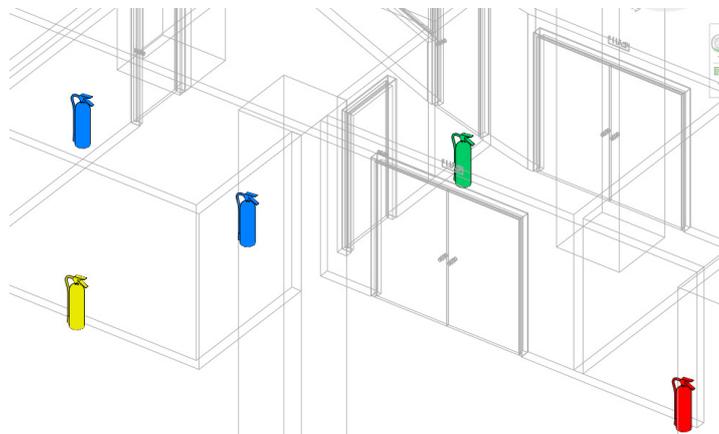


圖 5.14 系統自動視覺化檢修狀況示意圖

(資料來源：本研究繪製)

在檢修表功能列中，以書籤方式設計呈現介面，並依據功能的重要性由左至右設計優先順序，分別為設備基本資料、設備檢查清單、檢修結果填寫、歷史檢修紀錄及檢修人員與器材，提供檢修人員清楚地瞭解設備資訊。以下分別介紹與呈現各項功能列：

- 設備基本資料

依據該設備在 BIM 模型中所提供的資訊，此系統自動彙整至設備基本資料，資訊包括設備型號、製造日期、進口廠商...等等，另外，系統將消防設備於 BIM 模型之正確位置及消防設備有效期限顯示於本頁面，讓使用者可以清楚欲檢修之消防設備位於何處(如圖 5.15 所示)。

The screenshot displays the 'BIM-based 消防安全設備管理系統' (BIM-based Fire Safety Equipment Management System) interface. At the top, it shows the model number '328836' and the equipment type '滅火器' (Fire Extinguisher). Below this, there are fields for '設備檢查表單' (Equipment Check Sheet) set to '2', '開始時間' (Start Time) set to '2011年 9月 1日', and '完成時間' (Completion Time) set to '2011年 9月 8日'. The main content area is divided into two columns: '基本資料' (Basic Information) and '相關資料' (Related Information). The '基本資料' column lists: 設備型號: NE20, 製造日期: 2010/2, 進口廠商: 展新消防器材有限公司, 滅火器種別: A, 型式: 20型, 滅火值: A-5,B-16,C, 射程、時間: 5m以上,12秒以上, 耐壓: 35kgf/cm², and 容器重量: 3.3kg. The '相關資料' column lists: 樓層: B2F, 房間名稱: 交誼廳 B209, and 有效日期: 2013/4/1. At the bottom, there is a logo and text: 'BIM-based消防設備管理系統', 'Copyright 2011 CEM - VINCENT STUDIO Created By Yu-Chih Su (Mark) And Vincent, Logo Design By Small a (Angela)'.

圖 5.15 設備基本資料介面圖

(資料來源：本研究繪製)

- 設備檢修清單

當設備檢查表單被新增後，系統會不斷地自動統計最新檢修資料，並分為設備遺失、完成外觀檢修、完成性能檢修、外觀異常及性能異常五大狀況，將該設備種類所有應檢修設備列為總表(如圖 5.16 所示)，便於檢修人員與管理權人清楚地整體檢修狀況。

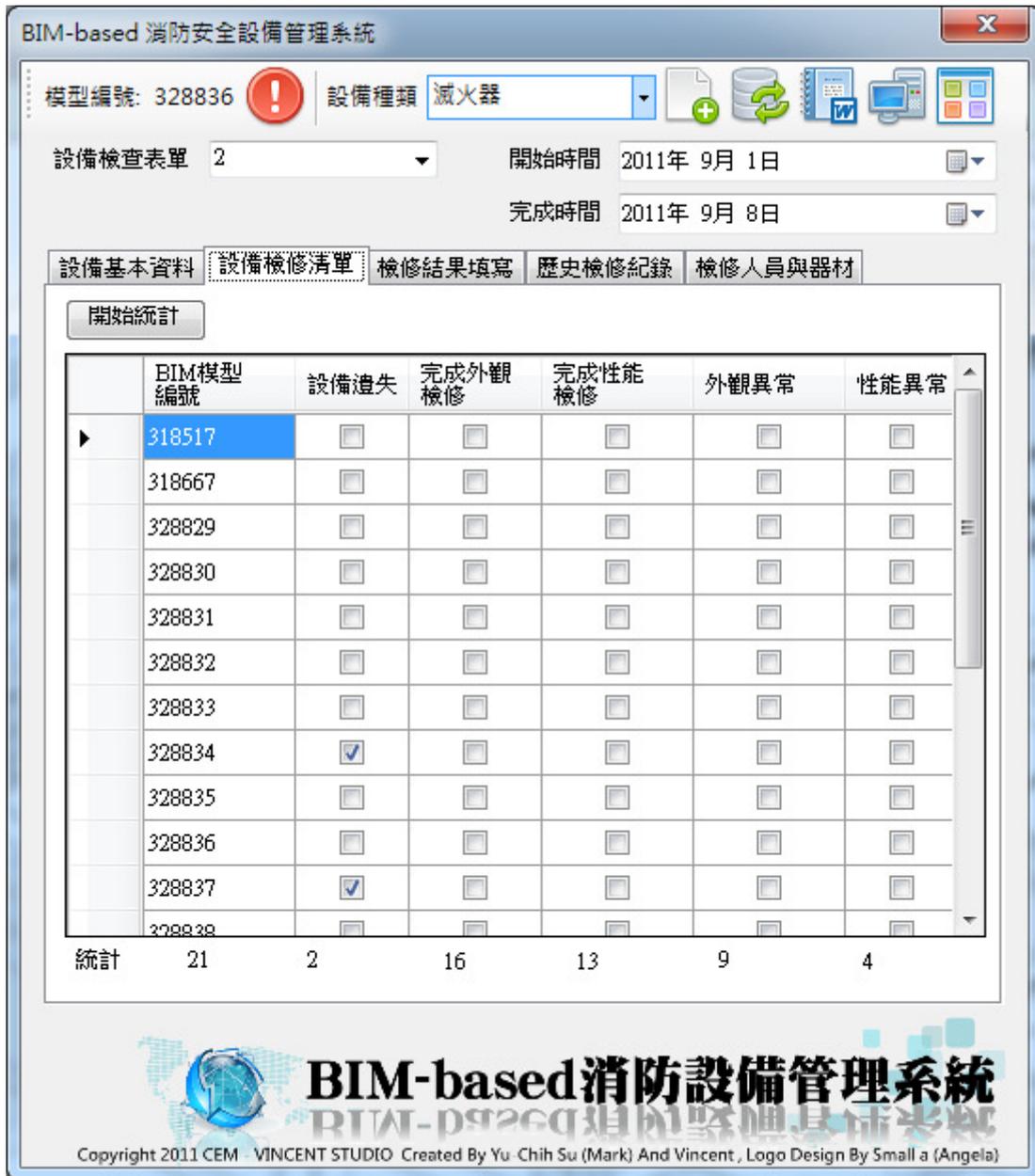


圖 5.16 設備檢修清單介面圖

(資料來源：本研究繪製)

- 檢修結果填寫

檢查結果填寫之檢修項目會依據設備種類不同，而產生不同的檢修表單，並將外觀檢查與性能檢查區分為兩個部分，其內容包括檢修項目、檢修結果及處置措施，檢修人員檢查後，僅需針對異常狀況直接填寫結果與處置於系統。填寫完成後，系統自動將檢修資料回傳置網路上的 BIM-based 消防設備檢修資料庫，做為後續統計與報表匯出的依據，簡化內業二次整理時間(如圖 5.17 所示)。

BIM-based 消防安全設備管理系統

模型編號: 328847 設備種類: 滅火器

設備檢查表單: 2 開始時間: 2011年 9月 1日 完成時間: 2011年 9月 8日

設備基本資料 | 設備檢修清單 | **檢修結果填寫** | 歷史檢修紀錄 | 檢修人員與器材

外觀檢查

檢修項目	檢修結果	處置措施
▶ 標示		
本體容器		
安全插梢		
壓把(壓板)		
滅火藥劑性狀		

完成外觀檢查

性能檢查

檢修項目	檢修結果	處置措施
▶ 本體容器		
本體容器內筒		
本體容器液面指示		
滅火藥劑性狀		

完成性能檢查

BIM-based 消防設備管理系統

Copyright 2011 CEM VINCENT STUDIO Created By Yu Chih Su (Mark) And Vincent, Logo Design By Small a (Angela)

圖 5.17 檢修結果填寫介面示意圖

(資料來源：本研究繪製)

- 歷史檢修紀錄

若設備檢查表單已被設定明確的完成時間，則系統會直接判定該表單為歷史檢修紀錄。當檢修人員選擇某項設備時，系統將會自動判別該設備之種類，並整理該設備種類的歷史檢修紀錄呈現於此功能表單中，呈現內容包含檢修日期、檢修種類(外觀或性能)、檢修項目、檢修結果及處置措施，方便檢修人員及管理權人調閱某項設備之歷史檢修狀況，作為檢修設備之參考(如圖 5.18 所示)。



圖 5.18 歷史檢修紀錄介面圖

(資料來源：本研究繪製)

● 檢修人員與器材

檢修人員於檢修時須用到的器材之基本資料，內容包括檢修人員名稱、職位、證書字號、器材名稱、型號等，使用者可輸入相關信息(如圖 5.19 所示)。

BIM-based 消防安全設備管理系統

模型編號: 328847 設備種類: 滅火器

設備檢查表單: 16 開始時間: 2011年10月6日 完成時間: 2011年9月8日

設備基本資料 設備檢修清單 檢修結果填寫 歷史檢修紀錄 檢修人員與器材

檢修人員資料

	姓名	職稱	證書字號
*			

檢修器材

	機器名稱	型式	校正年月日	製造廠商
*				

BIM-based 消防設備管理系統

Copyright 2011 CEM VINCENT STUDIO Created By Yu-Chih Su (Mark) And Vincent, Logo Design By Small a (Angela)

圖 5.19 檢修人員與器材介面示意圖

(資料來源：本研究繪製)

第六節 小結

本研究欲利用 BIM 之概念，結合消防安全設備檢修資料與 BIM 模型，提供管理權人與檢修人員進行檢修作業各項工作，改善傳統的消防安全設備管理現況。綜合以上 BIM-based 消防安全設備管理系統欲開發之需求，除了利用 BIM 模型呈現設備外觀、位置及相關資訊等，本研究將再針對消防安全設備檢修作業規劃五大模組，分別為檢修設備紀錄模組、設備設置條件與數量分析模組、設備檢修結果統計模組、設備檢修結果視覺化模組及設備檢修結果報表匯出模組(如圖 5.1 所示)。在軟體與設備選用的部分，選擇 Autodesk Revit 2011 作為本研究的 BIM 軟體；在展示設備的部分，選擇 HP Pavilion tx2506 筆記型平板電腦作為本研究的 BIM 模型展示設備。在系統開發環境中，本研究主要利用 VB.NET 程式語言與 BIM 軟體所開放的 API，進行開發 BIM-based 消防安全管理設備系統，將 BIM 模型中的基本參數利用 API 匯出後，藉由 ADO.NET 連結至雲端伺服器中的 SQL Server 資料庫並且存入模型參數；在檢修作業時，亦透過 ADO.NET 擷取 SQL Server 中的相關資訊，展示於 VB.NET 所開發的視窗介面上，提供使用者快速瀏覽及更新相關資訊。系統實際建置之介面與功能，本研究多以按鈕式與書籤式進行開發，簡化使用者在系統操作的流程，降低系統學習的門檻。

第六章 案例導入

本章將選擇一實際建築物，實際導入於單一樓層中驗證 BIM-based 消防安全設備檢修系統的可行性與實用性，將所遭遇的問題回饋至研究中，不論是應用模式上的問題，亦是系統功能或介面之問題，皆將透過此案例的導入，進行探討與分析。

第一節 案例介紹

本研究導入之案例係位於台北科技大學科技研究大樓，與現有光華商場隔間相對。本基地乃現有校地目前為都市計畫土地分區—公共設施(大專院校)用地，權屬國有用地，經營單位則屬台北科大學，土地座落於台北市大安區懷生段三小段 205、206 號，基地為校區的西北隅，北鄰八德路、南臨新生南路軸線和第一教學大樓相對。案例位置如圖 6.1 斜線部分所示：

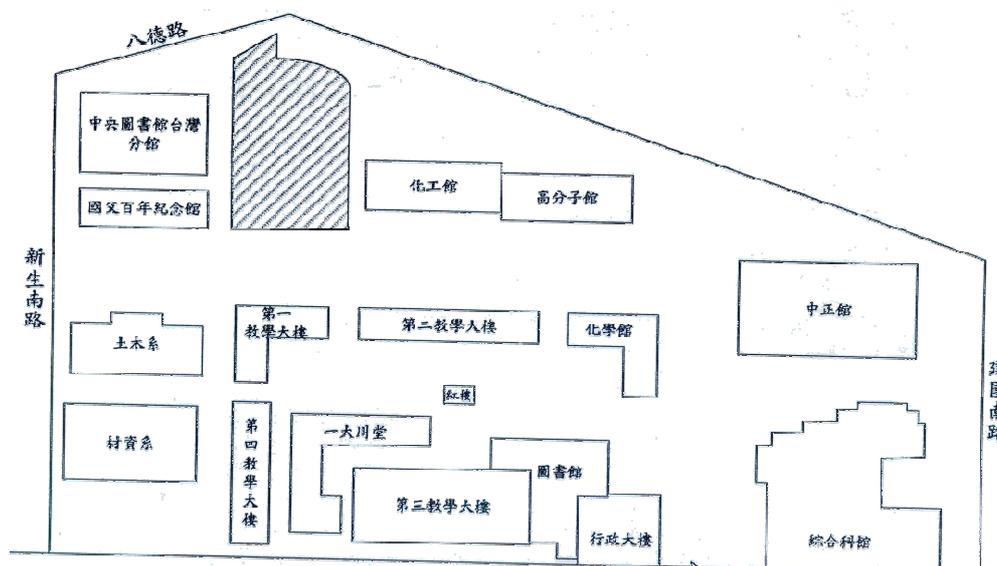


圖 6.1 本研究案例之位置圖

(資料來源：台北科技大學營繕組)

科技大樓共計三幢建築物，一為位於南側，樓高七層的第六教學大樓，另外兩棟大樓則為位於中央及北側，此建築個案為地上十六層、地下四層之鋼骨鋼筋混凝土構造建築物，臨八德路側一至十六層樓為 SRC 構造，臨新生軸線之一至

七樓為 RC 構造物，除科技研究大樓地下二層至一層 SRC 構造，餘地下室(含停車場)均為 RC 構造，本案建築面積為 2160.44 平方公尺(653.53 坪)，總樓地板面積約計 46698.25 平方公尺(14126.22 坪)。

科技研究大樓為提供一教學研究及資訊之科技研究大樓，其內部主要使用空間性質可概分為教學研究及公共設施兩類，其中包括可容納 200 人以上的國際會議廳、研究實驗室、教職員室及教室等，提供軟硬體與資訊設施，建築物之生命週期在使用階段長達數十年之久，各層樓空間使用計畫(如表 6.1 所示)：

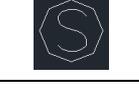
表 6.1 各層樓空間使用計畫

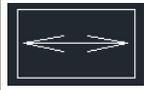
樓層	空間屬性	樓地板面積	陽台面積	小計	合計
地下四層	停車空間、機房	2541.22 m ²	0.00 m ²	2541.22 m ²	8559.35 m ²
地下三層	餐廳、商店、教堂	2541.22 m ²	0.00 m ²	2541.22 m ²	
地下二層	商店、儲藏室、中央監控與防災中心	1377.11 m ²	0.00 m ²	1377.11 m ²	
地下一層	國際會議廳、教室、交誼廳	2068.26 m ²	31.54 m ²	2099.80 m ²	
一層	展示大廳、書店、半戶外展覽館	2160.44 m ²	135.98 m ²	2295.99 m ²	25021.21 m ²
二層	機電學院、工程學院、共同教室	1665.38 m ²	163.32 m ²	2011.55 m ²	
三層	機電學院、工程學院、共同教室	1702.81 m ²	164.51 m ²	1867.32 m ²	
四層	機電學院、工程學院、共同教室	1720.88 m ²	167.19 m ²	1888.07 m ²	
五層	機電學院、管理學院、共同教室	1724.60 m ²	162.99 m ²	1887.59 m ²	
六層	機電學院、管理學院、共同教室	1657.09 m ²	165.25 m ²	1822.34 m ²	
七層	機電學院、管理學院、共同教室	1721.30 m ²	166.90 m ²	1888.20 m ²	
八層	機電學院、管理學院	1771.11 m ²	105.01 m ²	1876.12 m ²	
九層	機電學院、管理學院	1226.04 m ²	102.06 m ²	1328.10 m ²	
十層	機電學院、管理學院	1263.05 m ²	23.36 m ²	1286.41 m ²	
十一層	機電學院、管理學院	869.29 m ²	0.00 m ²	869.29 m ²	
十二層	機電學院、管理學院	737.68 m ²	0.00 m ²	737.68 m ²	
十三層	機電學院、管理學院	725.38 m ²	12.30 m ²	737.68 m ²	
十四層	機電學院、管理學院	725.38 m ²	12.30 m ²	737.68 m ²	
十五層	機電學院、管理學院	689.38 m ²	55.44 m ²	744.82 m ²	
十六層	機電學院、管理學院	567.12 m ²	0.00 m ²	567.12 m ²	
合計總樓地板面積(含陽台)		29454.74 m ²	1468.15 m ²	28381.67 m ²	

(資料來源：台北科技大學營繕組)

本研究之建置範圍係以科技研究大樓中的智慧型火警受信總機之地下二層作為案例之模擬，該層樓地板面積為 1377.11 平方公尺，根據各類場所消防安全設備設置標準及建築技術規則，本案例所需設置設備為自動灑水設備、消防栓設備、滅火器、照明燈、標示設備、火警自動警報設備、緊急廣播設備、室內排煙設...等。採用地下二層消防設備平面圖上所標示之消防元件，作為本研究 BIM 模型所建置之標的。表 6.2 為地下二層消防設備清單。

表 6.2 地下二層消防設備清單

CAD 圖例	名稱	數量
	智慧型火警受信總機	1
	緊急廣播主機	1
	綜合消防箱(含連接出水口單口型,緊急電源插座,緊急電話)	4
	綜合消防箱(含連接出水口單口型,緊急電源插座)	2
	綜合消防箱	6
	定址式偵煙器式感應器	43
	偵煙式感應器	61
	廣播音箱(壁掛式)	55
	廣播音箱(嵌頂式)	37
	緊急照明燈(壁掛式)	47
	乾粉滅火器	49
	乾式出口門燈(大型)	14
	乾式出口門燈(中型)	10

	避難方向指示燈(中型,單面單向)	2
	避難方向指示燈(中型,雙面單向)	14
	避難方向指示燈(中型,雙面雙向)	26
	避難器具設置位置指示燈	2

(資料來源：本研究整理)

本案例將建置該樓層完整的 BIM 模型及建築物中的消防設備相關資料，並導入本研究所開發之 BIM-based 消防安全設備管理系統，使其作為本研究實際驗證之標的物。

第二節 案例導入內容

本節分為兩個部分進行說明，第一為建置本案例 BIM 模型之過程與內容，第二為實際導入過程。

一、BIM 模型建置內容

台北科技大學第六教學大樓模型採用繪製模型之通用步驟，預先取得包含消防設備、機水電、建築竣工模型以進行模型建置的參考基準。因本計畫模擬已竣工之實際建築物，並假設管理權人在營運維護階段已取得建築物的 BIM 模型，該模型為專案起始經過規劃、設計及施工階段所累積之模型。故建模順序依照實際施工順序建立結構、建築裝修、機電(含消防設備)三部分模型，運用協同作業及工作集概念同步編輯並整合專案，加快建模速度。建築物之結構系統及建築系統模型以 Revit Architecture 繪製；消防設備及管線系統以 Revit MEP 繪製，建模系統分類如下表 6.3 所示：

表 6.3 建模系統分類

系統分類	繪製元件	使用軟體
結構系統	結構柱、結構牆、梁、樓板	Revit Architecture
建築系統	裝修牆、天花板、樓梯、門	
消防設備系統	消防栓、受信總機、廣播音箱、管線	Revit MEP

(資料來源：本研究整理)

1. 建築物主體繪製

建築物主體部分所繪製之建築元件為結構柱、結構牆、樑、室內裝修牆、樓板及天花板。繪製建築模型之步驟如下說明(整理如圖 6.2 所示)，建築物主體完成模型如圖 6.3 所示。

- Step 1. 首先匯入 2D CAD 平面圖並對齊專案網格線，建立結構柱，選擇結構柱類型，依照平面圖所示意之位置放置結構柱。
- Step 2. 結構牆面建立其牆面類型及牆厚依每道不同的牆面放置其牆面完成結構牆。
- Step 3. 梁建置依照相同原理，匯入梁原件選擇所對應之尺寸繪製。
- Step 4. 結構樓板繪製時匯入樓板元件，選擇並編輯不同類型的樓板，遵照匯入之結構底圖建置，必須注意樓板高程，樓板的高程不一定全部相同，某些地區有升、降板情形發生，另外本案例有無障礙坡道設計，其高程上的變化必須參考竣工圖上的參考高程繪製，結構柱、結構牆及樓板以協同作業方式同時進行，協同作業除了加快建模速度，另外可察覺人為上的建模錯誤，增進模型的精確度。
- Step 5. 基本結構完成後進行室內裝修牆面建置，不同的使用空間如廁所、會議廳、管道間、機房等有不同的裝修牆面，為不同使用類型定義牆面的組織結構，依序放置。
- Step 6. 建築模型最後步驟為建置天花板，天花板繪製方式和樓板相似，建置天花板類型及尺寸，定義天花板高程，繪製天花板可有兩種方式進行，一種為點選自動辨識牆面所閉合的範圍生成天花板；另外為手動建置天花板。自動辨識精準度即辨識率效果有限，必須配合手動繪製天花板已完成天花板元件。

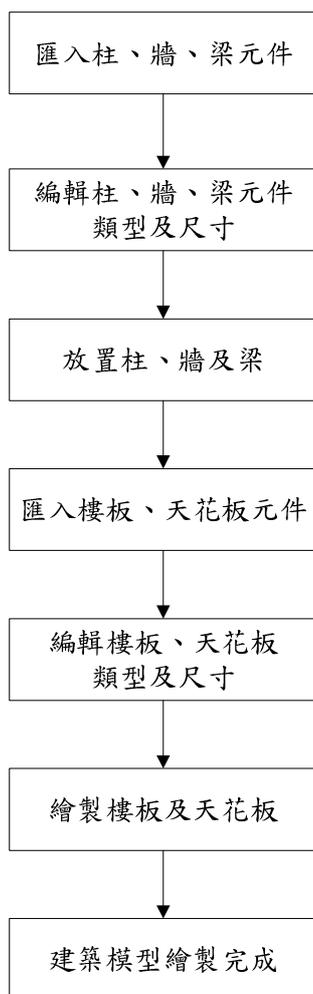


圖 6.2 建築模型繪製步驟

(資料來源：本研究繪製)

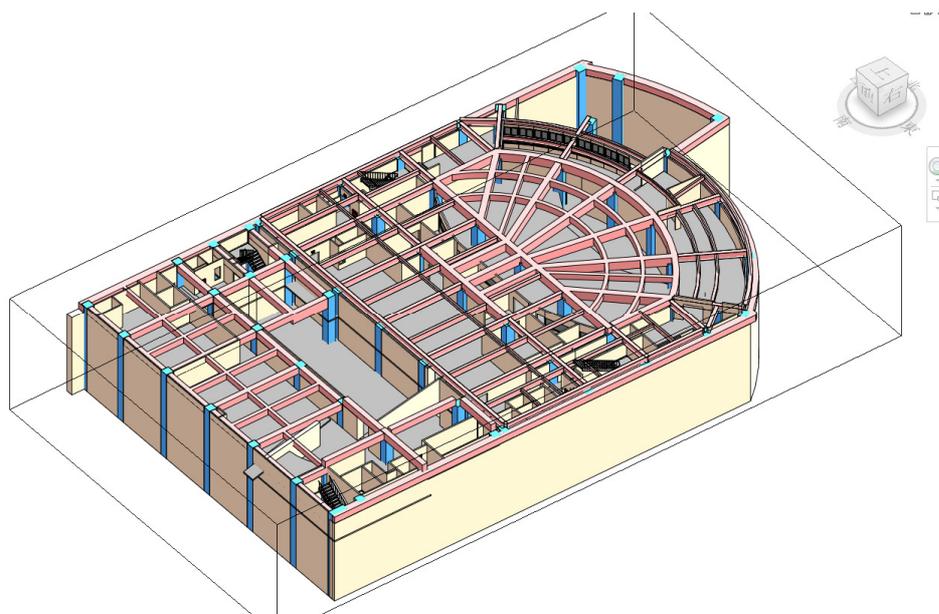


圖 6.3 建築物主體展示

(資料來源：本研究繪製)

2. 消防設備系統繪製

消防設備系統建置係根據本案例台北科技大學第六教學大樓機水電竣工圖中之消防竣工圖為做為建置之依據，圖中所提供資訊包括緊急照明度之計算、滅火效能值以及需設置於該樓層之消防元件表。本研究依據地下二層消防設備平面圖上所標示之消防元件，作為本研究 BIM 模型所建置之標地，以下將針對各別系統建模內容說明。

BIM 模型當中消防設備之建置主要在於必須找到能夠符合竣工圖中所標示之消防元件，並且在模型當中進行放置的動作。Revit MEP 之作業環境中提供了部分的消防元件能夠直接進行套用，但同樣功能的消防設備會因為各國規範及環境不同而造成元件的規範及外觀有所差異。為補足內建消防元件之不足，其他的元件部分則必須至連結至網際網路上之相關社群下載相似度較高之元件進行套用，或是在 Revit Architecture 的環境下對元件進行修改，以達到符合竣工圖中指定元件之需求。

本案例中消防元件之位置多為貼附於天花板及牆面，其中也包括放置於地坪上面之元件。因此必須在結構與建築之前置作業建模完成後才能夠進行元件之放置。下列為本研究所建置之元件：

- 智慧型火警受信總機及緊急廣播系統主機

智慧型火警受信總機及緊急廣播主機都放置於地下二層之防災中心及中央監控室(如圖 6.4 所示)。

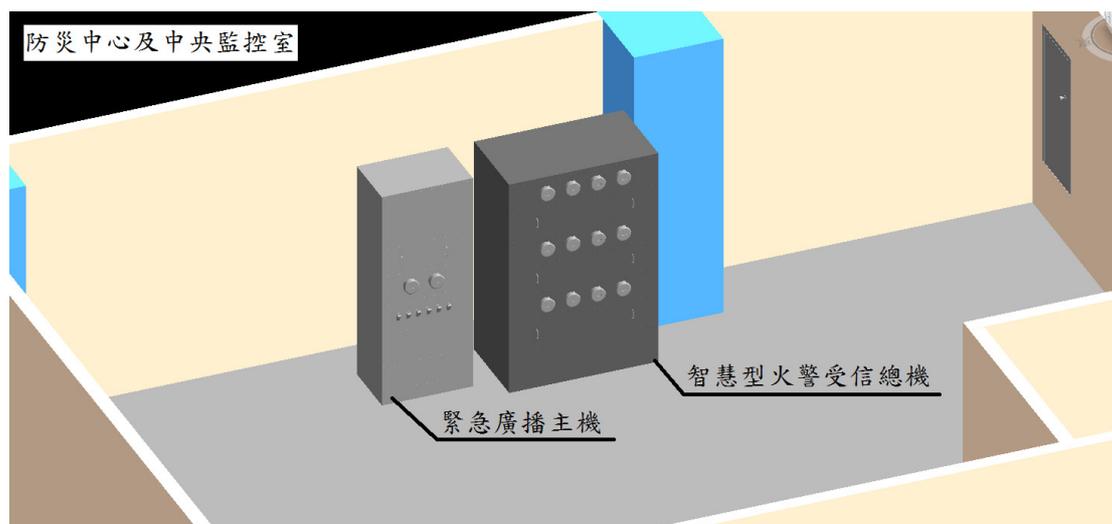


圖 6.4 智慧型火警受信總機及緊急廣播主機元件模型

(資料來源：本研究繪製)

- 綜合防火箱(含連接出水口單口型,緊急電源插座,緊急電話)

本樓層所建置三種類型之防火箱，但鑑於本案例所使用之防火箱外觀並無太大差異，因此無法在直接在 BIM 模型當中用肉眼判斷三種防火箱之類型。但在元件族群之設定上三種防火箱之命名與參數設定會將其類型區分開來(如圖 6.5 所示)。

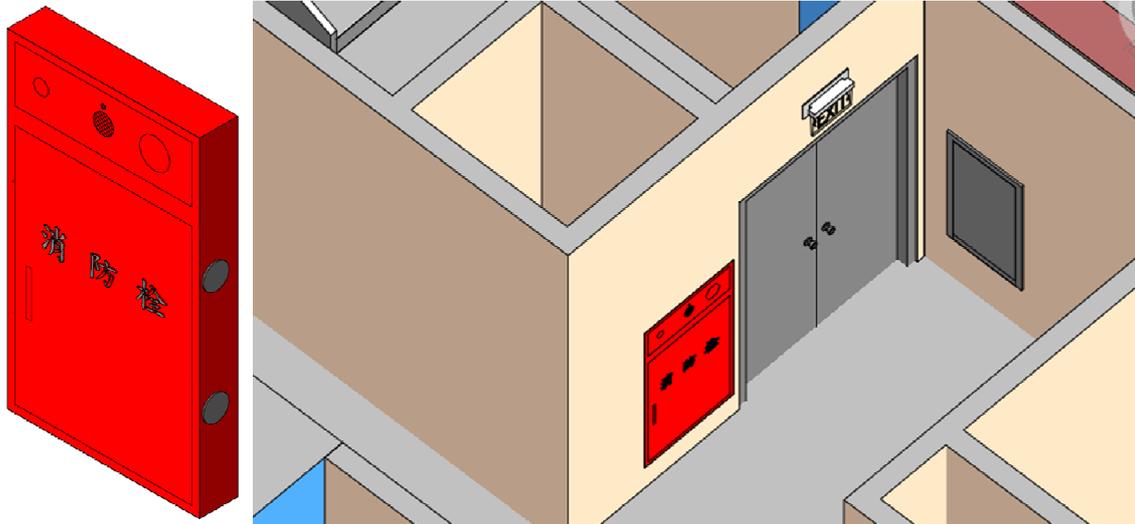


圖 6.5 綜合防火箱元件模型

(資料來源：本研究繪製)

- 乾粉滅火器

本研究在建置滅火器時，僅考量滅火器的置放位置，而滅火器的置放型式(如放置地板的滅火器盒或是懸掛置牆上)，在此建置模型中並不考量至建模需求中。其原因為 BIM 模型主要提供檢修人員設備位置資訊、空間資訊及設備資訊，而非提供外觀的呈現(如圖 6.6 所示)。

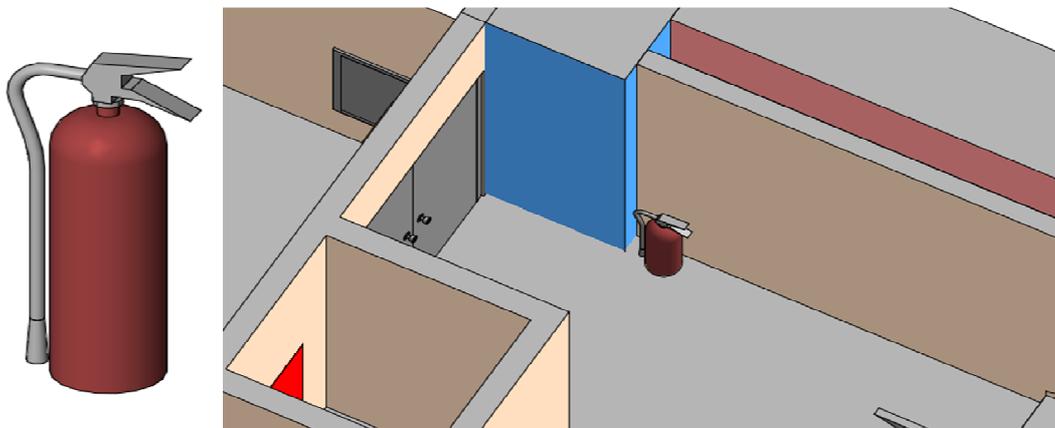


圖 6.6 乾粉式滅火器元件模型

(資料來源：本研究繪製)

- 乾式出口門燈

建置範圍當中包含中型尺寸以及大型尺寸之安全門燈。外型上尺寸不同，在元件的命名上也將兩者區分開來。貼附位置為主要出入口之門框上方之牆面(如圖 6.7 所示)。



圖 6.7 乾式出口門燈元件模型

(資料來源：本研究繪製)

- 廣播音箱

廣播音箱分為掛壁式及嵌頂式兩種。兩者之材質及款式相同，相關參數內容也相同。兩者差異在於貼附的對象不同，分別為天花及牆面。

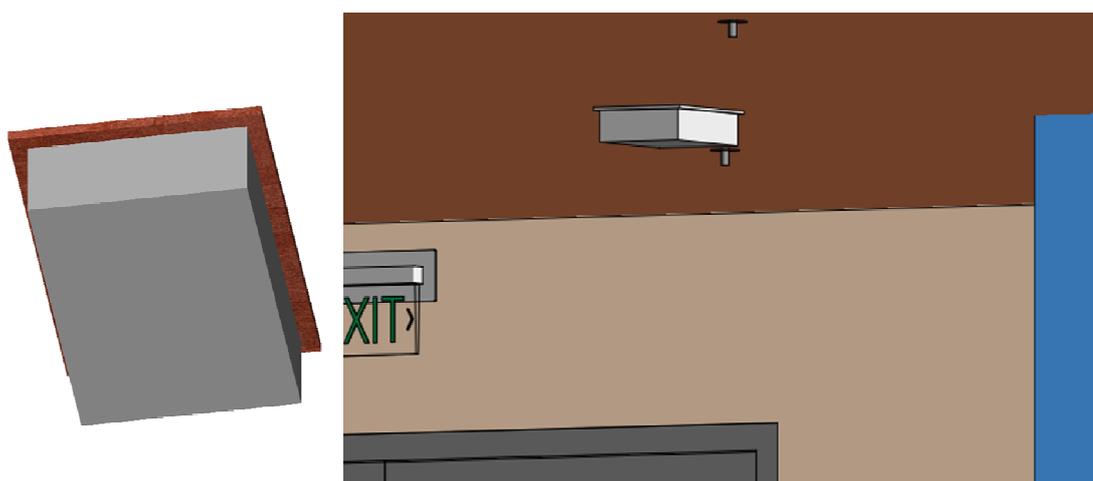


圖 6.8 廣播音箱元件模型

(資料來源：本研究繪製)

- 偵煙式感應器

此元件在建置時必須選擇依天花板放置作為元件建置的限制。在進行元件放置時，偵煙式感應器便只能選擇天花板作為放置依據(如圖 6.9 所示)。

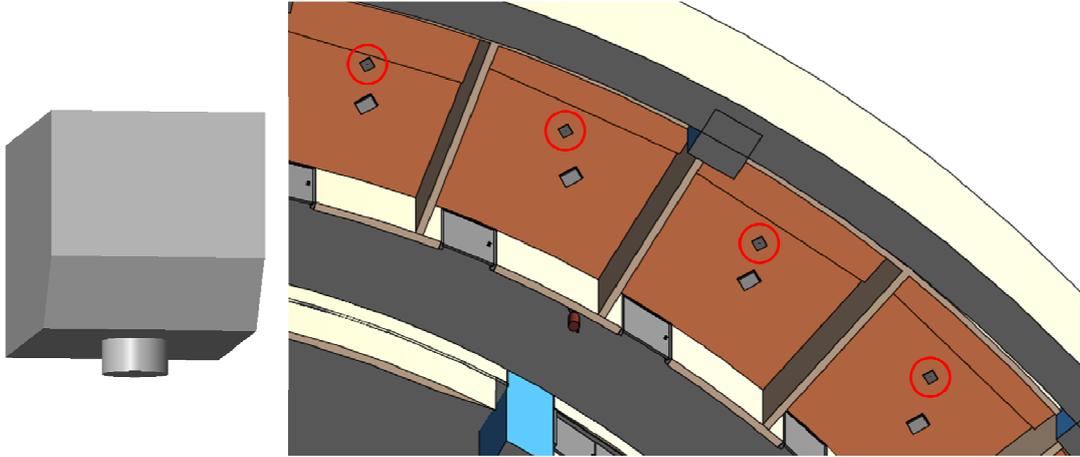


圖 6.9 偵煙式感應器

(資料來源：本研究繪製)

- 緊急照明燈

緊急照明主要的放置位置為貼附於裝修牆上，因此在建置族群構件時必須選擇公制牆作為建置限制。放置必須依平面圖選擇放置點，再由立面圖選擇高度(如圖 6.10 所示)。

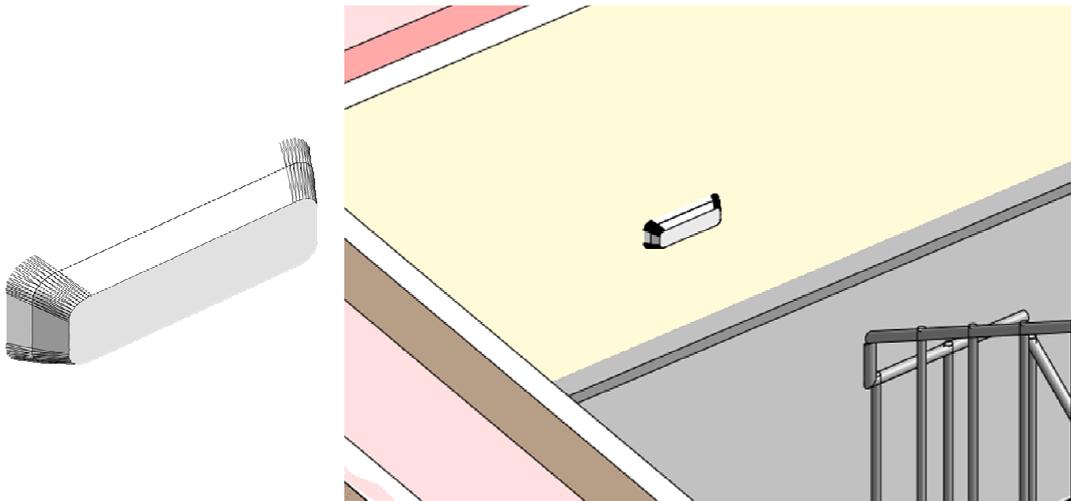


圖 6.10 緊急照明燈

(資料來源：本研究繪製)

- 避難方向指示燈

避難方向指示燈在竣工圖中一共分為三種，主要差異在於方向的差別。但是在模型建置時只需要建置兩面皆可使用之元件即可。只要再放至元件必須注意配合逃生動線出避難出口方向(如圖 6.11 所示)。

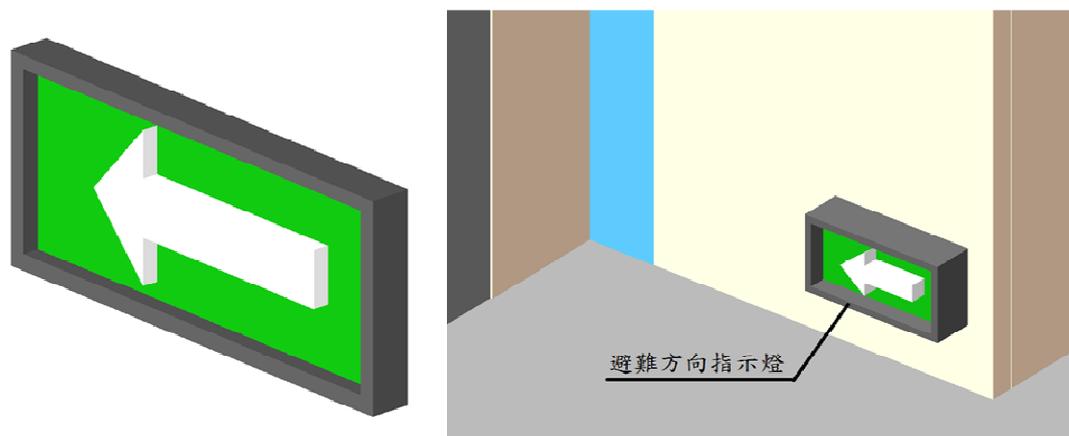


圖 6.11 避難方向指示燈

(資料來源：本研究繪製)

灑水系統之設備清單如下表 6.4 所示。灑水系統建置步驟為 2D CAD 底圖的匯入，將其位置與專案網格線對齊、鎖定以防基準偏移。在匯入元件後繪製管道，性質選擇中選取需要的管道類型，並於選項欄選擇管道的管徑大小及高程，依照平面圖管線佈設的路徑建置管道，其中繪製時會發生管道想連接的問題，於水管元件性質地方預先選擇元件交接處的元件類型即可自動完成交接處連接。當所有水管繪製完成後即進行灑水頭的放置，首先匯入灑水頭元件，並於選項欄中調整灑水頭高程，點選連接功能與水管接合，依序建立所有灑水系統，其完成主體如下圖 6.12 及圖 6.13 所示，建築物主體以線架構方式呈現以凸顯灑水系統成果。

表 6.4 地下二層灑水設備清單

CAD 圖例	名稱	數量
	自動灑水頭(一般型)	156
	自動灑水頭	61
	警報逆止閥	2

(資料來源：本研究整理)

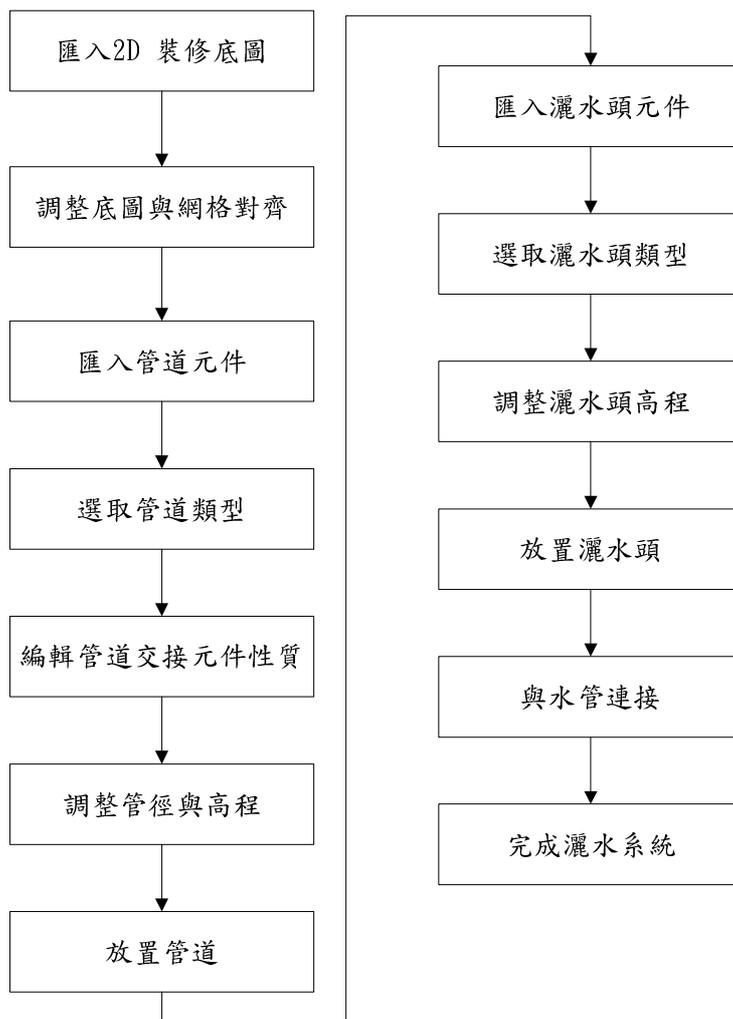


圖 6.12 灑水系統設置步驟

(資料來源：本研究繪製)

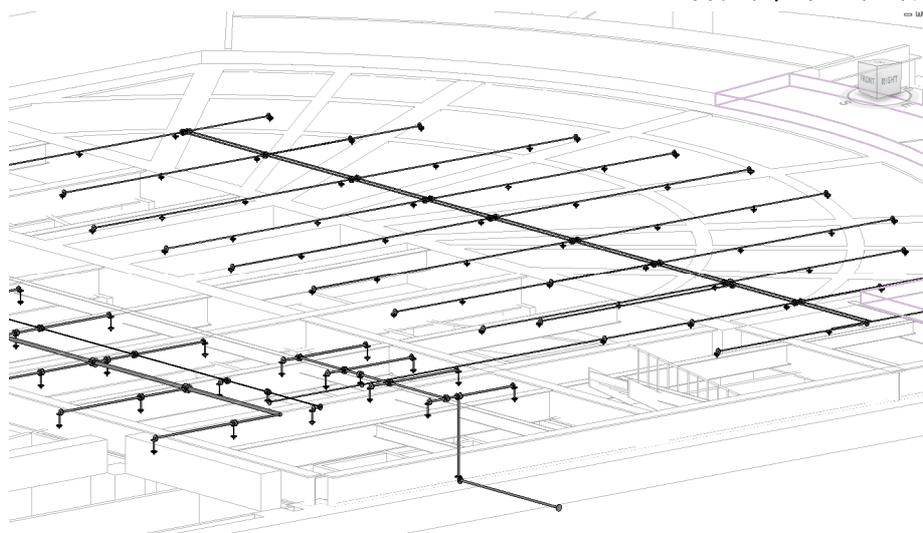


圖 6.13 灑水系統展示

(資料來源：本研究繪製)

二、實際導入過程

本次案例導入選擇滅火器作為檢修對象，因此其他種類之消防設備不在本案例中討論。於前置作業時，檢修人員可以透過 BIM 軟體(Revit)開啟管理權人所提供的 BIM 模型，由 3D 模型直覺地瞭解整體空間的分佈與設備位置(如圖 6.14 所示)，並進一步地利用 BIM 的單一模型之特色，產出 2D 空間分布與設備位置圖，每間房間用途規劃皆以顏色區分，並利用紅點表示滅火器之位置，使檢修人員可清楚地瞭解檢修之空間分布，因此便能得知滅火器的分布情形以及數量。本案例中有二十一支必須接受檢修的滅火器，其分布情形相當平均。本案例根據上述的資訊規劃出滅火器之檢修動線，如圖 6.15 中的編碼由 1~11 順序進行檢修，規則以房間作為基本單位並且由南到北的概念，同一房間的滅火器必須檢修完畢，方能移動至下一個房間進行檢修。藉由前置作業的準備，減少檢修之時間以達到快速檢修之目的。另外在歷史檢修資訊方面，過去的檢修方式必須在前置作業當中準備紙本資料攜帶至現場，但是本案例已經將過去的檢修資料寫入 BIM 模型當中，只須在事前簡單瞭解建物資訊。到現場後就能夠快速進行檢修作業，免除過多的前置紙本作業。

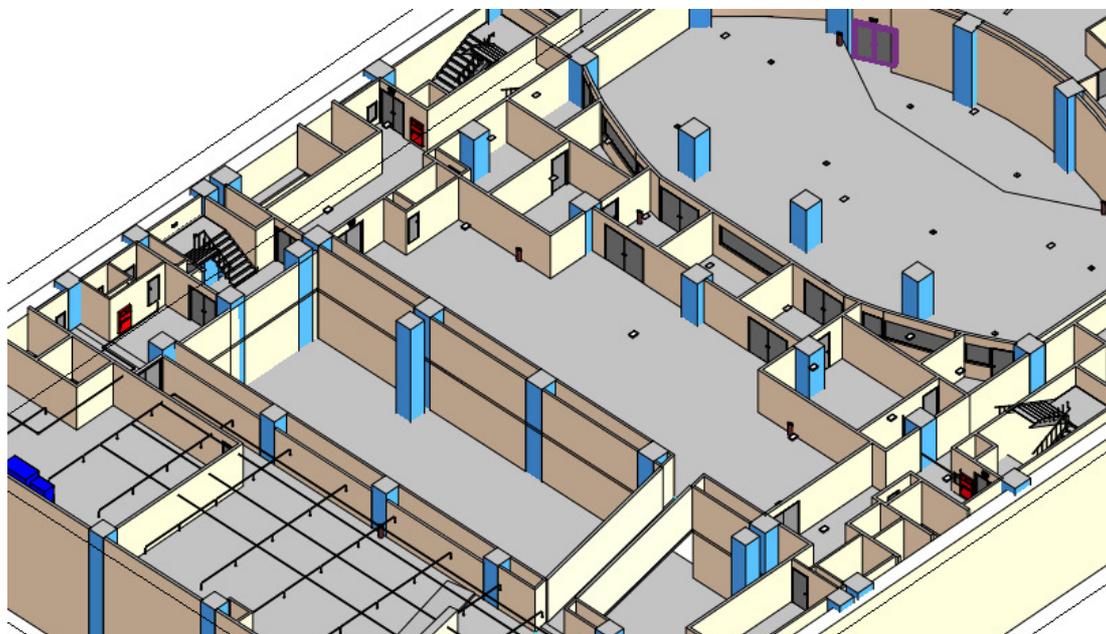


圖 6.14 直覺式呈現空間分布示意圖

(資料來源：本研究繪製)

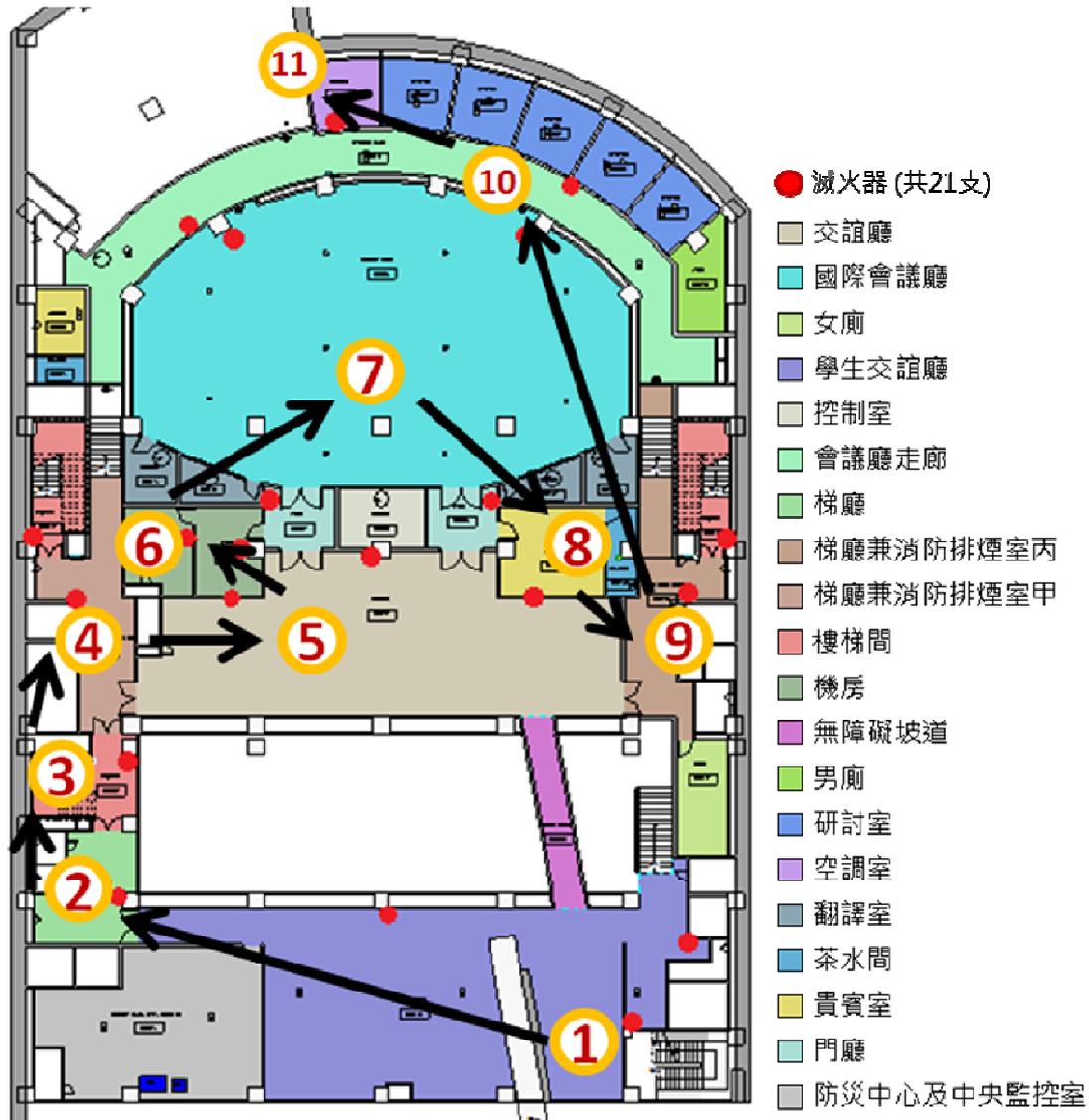


圖 6.15 前置作業動線規劃示意圖

(資料來源：本研究繪製)

檢修人員進入案例大樓地下二層時，即可參照前置作業所規劃之路徑進行檢修維護作業，並且以平板電腦進行系統之操作。選取欲檢修之滅火器後，並可於工具列中之增益集選取本研究所撰寫之 API 《消防設備維護系統》。則會出現下圖中所出現之視窗，視窗將會顯示該滅火器之相關基本資料，如設備編號、滅火器種類以及有效日期(如圖 6.16 所示)。一方面能夠讓檢修人員對滅火器有初步的瞭解，另一方面也可以比對現場的滅火器與系統中的滅火器是否相同。經過本案例比對，現場滅火器種類與系統所建置之滅火器種類一致。

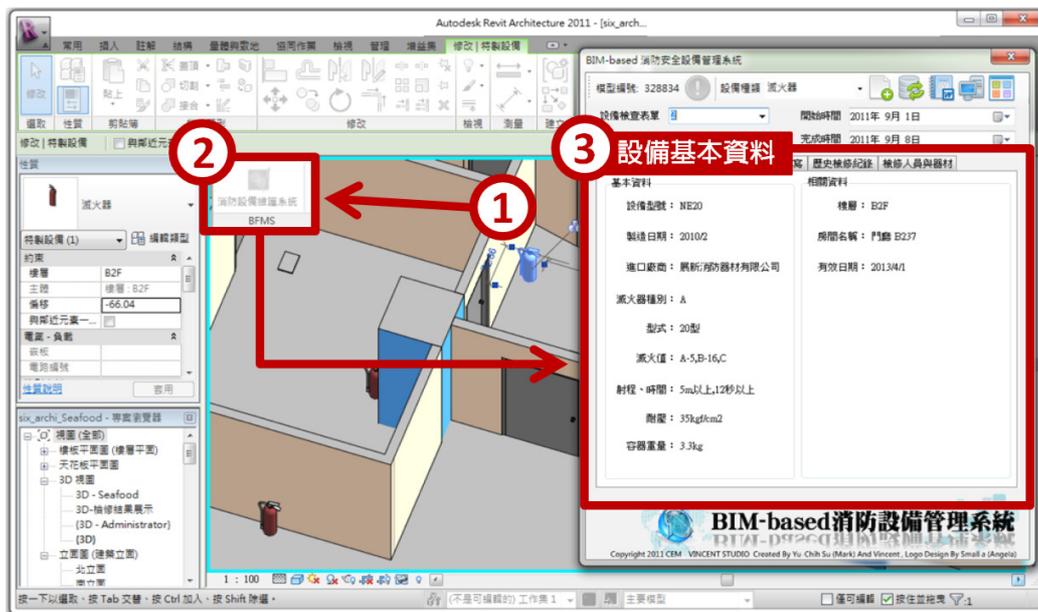


圖 6.16 案例系統操作流程圖-1

(資料來源：本研究繪製)

系統中包含過去所檢修過的歷史資料，因此需要開啟新的表單以填寫本次的檢修紀錄。點下「新增表單的圖示」後則會出現提示視窗，並且告知使用者本次所使用的標單編號。後續之檢修就會固定於同一表單環境下操作。本案例新增表單編號為 30，因此本次之案例所檢修之執行以及紀錄都會於表單 30 下紀錄。



圖 6.17 案例系統操作流程圖-2

(資料來源：本研究繪製)

進入「檢修人員與器材」之欄位中能夠看到「檢修人員資料」以及「檢修器材」兩個選項（如圖 6.18 所示）。本案例由兩位消防設備師(士)所執行，因此在欄位當中填入兩位之基本資料及證書字號，確立檢修人員之身分及執業證照。也可針對每次所使用之檢修器材不同在欄位當中新增檢修器材。本案例使用之檢修工具為固定台、拆卸板手、內視鏡及磅秤。

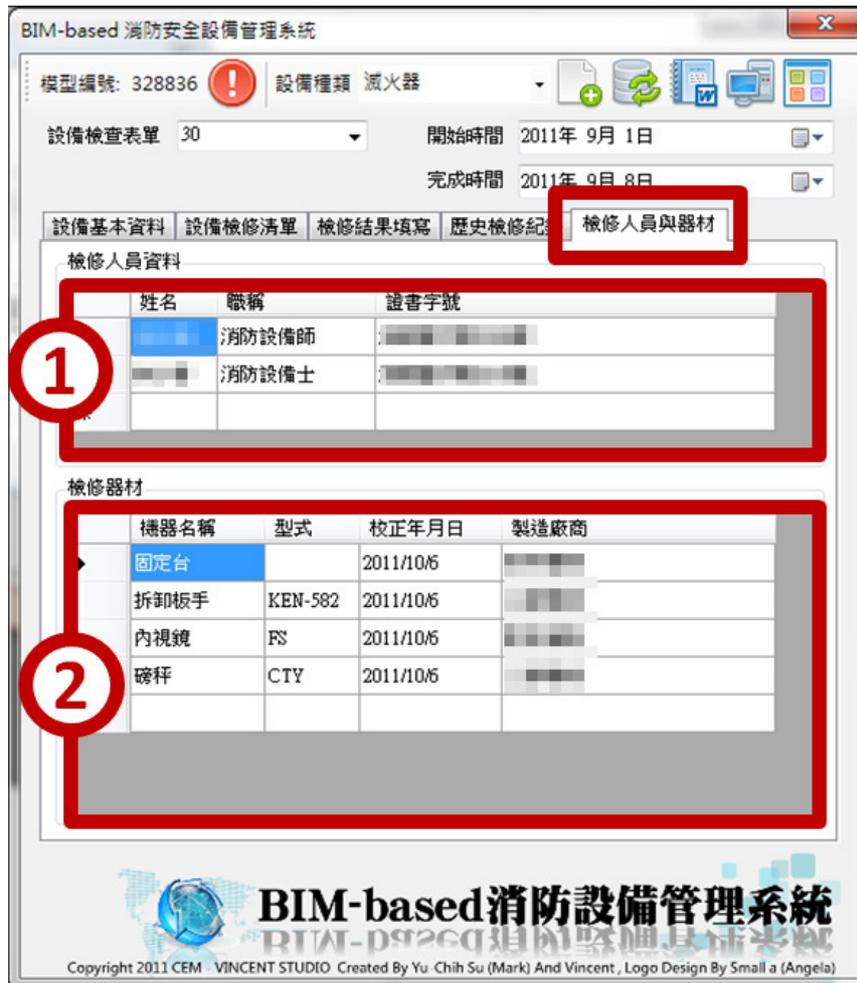


圖 6.18 案例系統操作流程圖-3

(資料來源：本研究繪製)

「歷史檢修紀錄」之欄位當中可調閱滅火器過去之檢修紀錄，增加檢修人員對滅火器之瞭解(如圖 6.19 所示)。本案例為一測試案例，根據管理權人所提供的資料，先於系統中建置幾筆檢修資訊，模擬及測試歷史檢修資訊呈現結果與實用性。

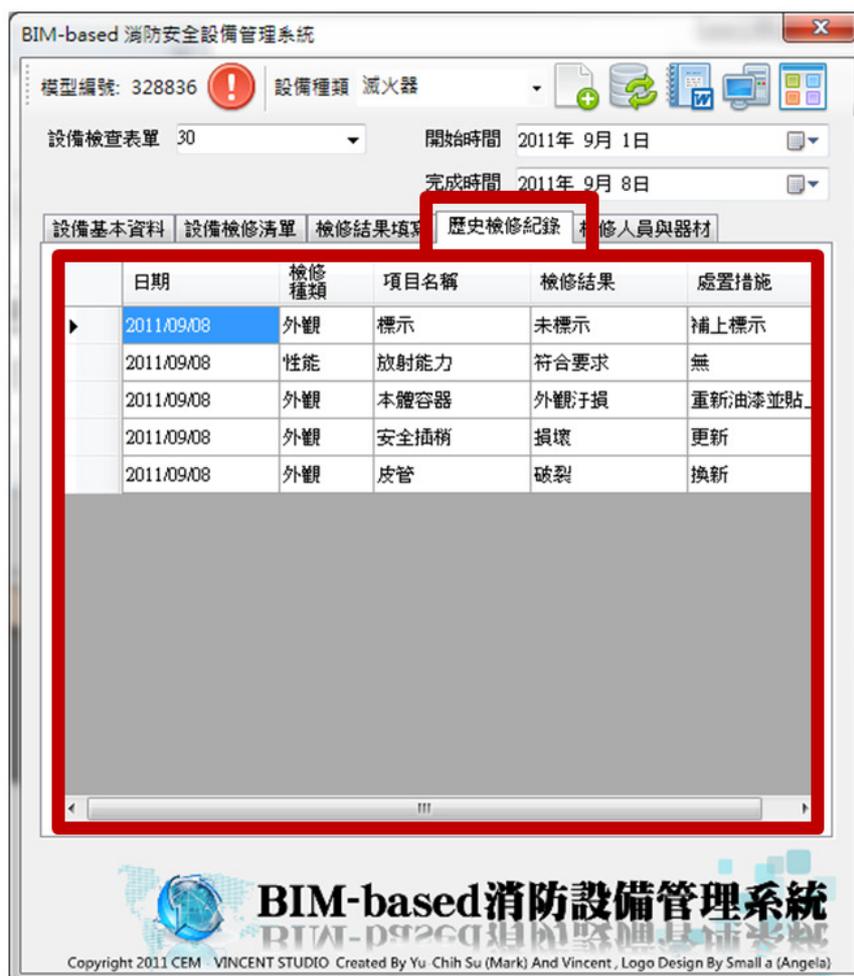


圖 6.19 案例系統操作流程圖-4

(資料來源：本研究繪製)

進入「檢修結果填寫」欄位當中即可填寫檢修結果，每種消防設備有不同之參數欄位。在本案例中，若滅火器之外觀有異常則可依此填入所檢修之情況，分別填入檢修結果及處置措施。本案例在滅火器之性能檢查採取抽查之方式，依照各欄位之項目不同確認是否正常，若有異常狀況發生也必須填入檢修結果及處置措施，檢查項目正常則不必填入任何參數文字（如圖 6.20 所示）。

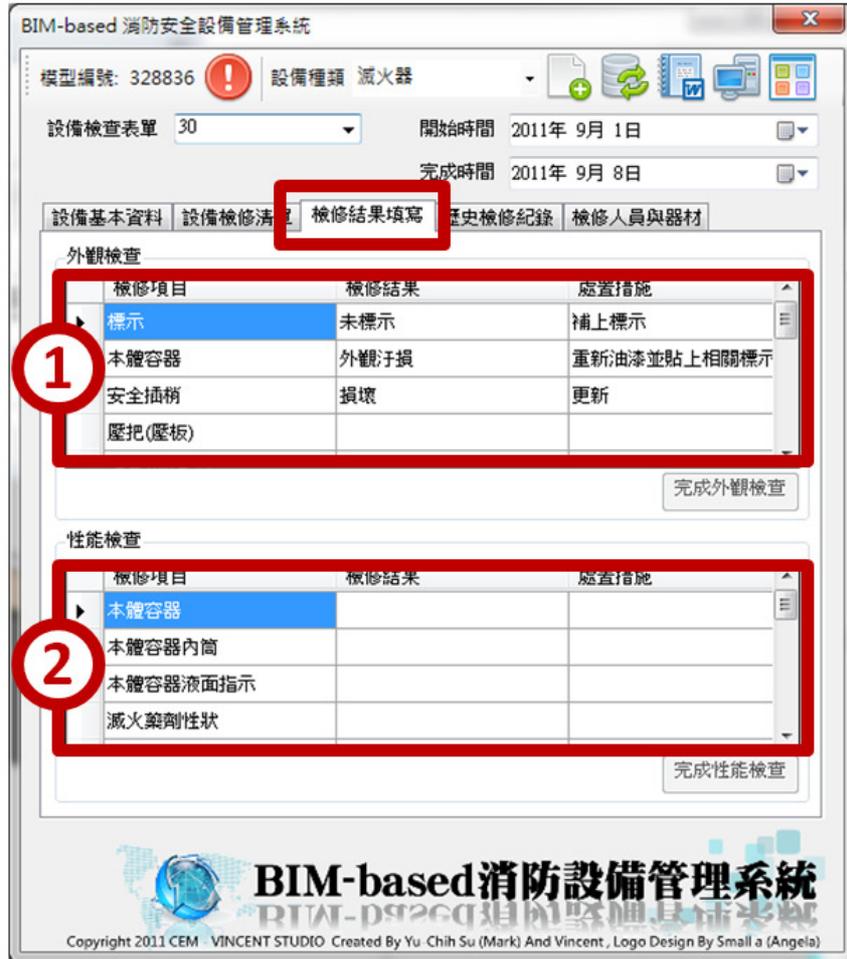


圖 6.20 案例系統操作流程圖-5

(資料來源：本研究繪製)

調查完全數滅火器後即可進入「設備檢修清單」欄位當中按下「開始統計」之按鈕即可以更新到最新的檢修清單，瞭解檢修之數量及成果。本次案例檢修結果一共檢查了 19 支滅火器，並且發現兩兩支遺失已在標單內要求放置新的滅火器。在外觀異常方面發現兩支滅火器分別有外觀汙損及安全插梢損壞的問題，性能方面則有一支滅火器在放射能力尚未達標準（如圖 6.21 所示）。



圖 6.21 案例系統操作流程圖-6

(資料來源：本研究繪製)

按下「檢修狀況視覺化」之按鈕後，則可以用顏色來區分上面統計之結果。視圖會將建物的物件以線架構呈現，消防物件則為因為檢修裝況不同而在顏色上有所不同，本案例本次統計過後發現一共有兩支遺失的滅火器以黃色呈現，三支滅火器因在外觀及性能上有異，因此以黃色呈現。其餘為檢修通過支滅火器以綠色呈現一共有十五支。最後因全數的滅火器均受過檢查，因此本次案例中並未出現以藍色呈現之滅火器。但此功能能夠協助檢修人員查看是否有遺漏未受檢之滅火器，並且快速的找到該滅火器位置（如圖 6.22 所示）。

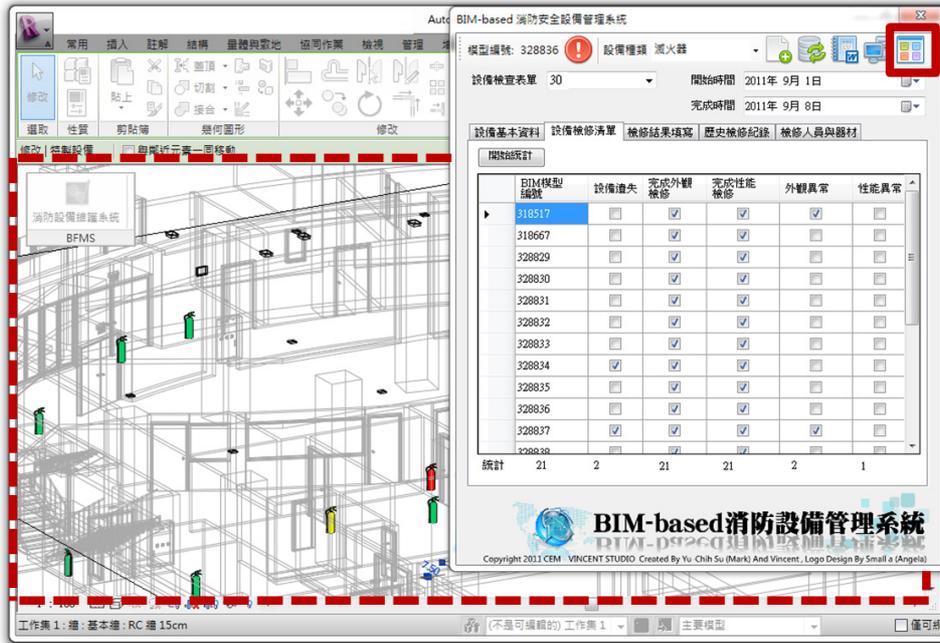


圖 6.22 案例系統操作流程圖-7

(資料來源：本研究繪製)

確認全數滅火器都受檢後則可以按下「產出檢修報表」按鈕，系統就會自動匯出 Excel 報表，檢修人員可以選擇儲存的資料夾並且決定檔案名稱的命名，結束檢修。外業進行完畢之同時內業也已經透過自動化的過程完成報表，簡化以往人工彙整的程序，便能夠直接執行通報階段行政作業（如圖 6.23 所示）。

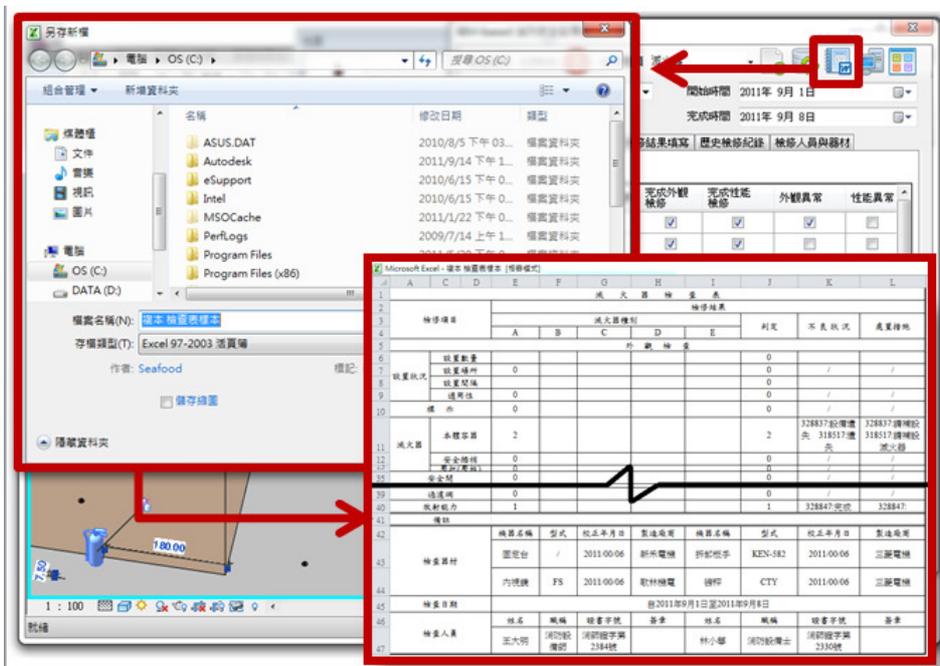


圖 6.23 案例系統操作流程圖-8

(資料來源：本研究繪製)

第三節 案例探討與分析

透過前節實際於案例中，測試本研究所規劃的應用模式與開發的檢修系統，此節將探討與分析整體導入結果，探討對象為建築物管理權人與檢修人員，本案例之管理權人為總務處之營繕組，而檢修人員為具有執照的消防設備師，最後並探討結果進行 BIM-based 消防安全管理系統 SWOT 分析、差異分析與成本分析。

一、管理權人

透過本案例的導入，本研究整理管理權人對於本研究所規劃的模式與系統之看法，以階段作為區分，依序說明如下：

● 準備階段

1. 此案例的建築物在竣工前，並未導入 BIM 概念於建築物中，故管理權人需新建 BIM 模型。管理權人提供本研究團隊該案例之完整竣工圖檔，其檔案包含消防設備、機水電、建築竣工圖以進行 BIM 模型建置之參考依據。本研究依循第四章規劃的建置內容，建置過程運用軟體之協同作業以及工作集概念，多人同時編輯建置模型並且整合專案，加快建模之速度。單層樓模型建置人力約四人，共花五個工作天完成，建置完成的模型及可重複利用，對於設備維護量較大的學校單位，認為值得投資於模型建置。
2. 由於 BIM 模型中含有大量的建築物資訊，而消防檢修作業僅需要部分的資訊，因此管理權人亦可在與檢修人員進行消防設備檢修時，依據檢修作業所需之模型資訊給予相關的功能權限，於合約中明定檢修人員不得利用模型於非檢修作業之用。本案例為測試之用，雖無透過合約的簽訂，但在未來實際執行時，資料的保密性仍是不可忽略的重要步驟。
3. 管理權人在 BIM 的幫助下，不僅能擁有相關消防設備之資料與設備配置圖，給予檢修人員充足的相關資訊；若是更換消防檢修單位，由於 BIM 模型上之相關資料與檢修歷史資訊都存於其中，再於管理權人本身提供資料，因此並不須擔心承接上作業的斷層。另外由此系統也能儲存歷史檢修資料，當管理權人欲了解所有檢修資訊，也能透過 BIM 模型快速查詢與印製，有效減少準備階段資料整理的時間。

● 執行階段

1. 在本案例中，當檢修人員進行檢查作業時，管理權人透過本研究所規劃的系統架構，於辦公室及可及時的管控檢修進度，無需至現場才能了解最新檢修狀況。其主要原理在於本研究將檢修資料庫放置於網路上，管理權人可隨時隨地更新最新檢修狀況，並視覺化表達設備的維護狀況，替管理權人一目瞭然進行的狀況。

● 內業階段

1. 消防設備檢修完成之後續作業為申報動作，當檢修人員於現場完成所有設備檢修作業後，其 BIM 模型與 BIM-based 消防設備資料庫已存於該次檢修資訊。因此，本案例透過該模型自動分析並產出檢修報告書所需之報表，再整理為檢修報告書交付於管理權人，方便管理權人進行檢修申報作業。
2. BIM-based 消防設備管理系統中所儲存的檢修資訊，亦可作為管理權人自主管理時的參考依據。自主管理通常多以平日做檢查，檢查之頻率大約是每月、每兩個月或是每季。而傳統的檢查方式多使用紙本進行現場檢修作業，現場記錄完後再將紀錄紙本帶回做內業相關整理。但因檢修紙本容易遺漏導致檢修資訊無法完整儲存，且自主管理頻率較多，所使用之檢查表最後累積數量也相對增加，檢修資料也並未以系統化方式妥善儲存，導致往後消防設備檢修及維護作業無法查詢歷史資訊，無法做前後比較。管理權人認為本研究所規劃之模式，將能夠有效幫助自主維護時的管理，主要原因在於資料受到系統化的儲存、設備位置及狀況簡控更加簡易及檢修報表能夠輕易的客製化。

二、檢修人員使用探討分析

對於傳統消防設備檢修也較難掌握設備個別消防設備之資訊，因無歷史資訊做資料的對比；每次檢修人員須重新消防設備狀況，例如重新尋找 2D 平面圖，了解設備放置位置，需耗費不必要之時間。

本案例導入 BIM 檢修模式，以檢修人員對設備檢進行修維護管理，其維護管理內容主要是針對較重要之設備做外觀判斷，判斷其消防安全設備是否有損壞，以及其配置是否符合規定，並且利用平板電腦於現場檢修，自行進行消防設備之維護。根據本計畫提出之 BIM 檢修模式，以下將針對三個階段分別提出本

案例所得之效益：

● 準備階段

1. 視覺化的立體模型呈現消防設備的地理位置資訊，其地理位置資訊可讓檢修人員清楚瞭解目前設備位置。在檢修前的準備階段時能大致瞭解建築物內部的配置，以往在建築物進行檢修時，檢修人員並不熟悉建築物，亦不熟悉設備所在，造成檢修作業的拉長，視覺化扮演輔助的角色來避免消防設備師(士)在找尋消防設備的困難，經由前置作業瞭解檢修現場情況，有助於檢修人員現場之檢修效率。
2. 檢修人員利用 BIM 之單一模型特色，將消防設備檢修之資料建置於模型當中，檢修人員進行維護時只需開啟模型即可瞭解各設備位置、資訊、歷史資料。

● 執行階段

1. 建築物裡面滅火器的數量龐大，當檢修全部完成後，假若有任何問題導致設備需調出重新檢視，因為視覺化的立體模型，讓檢修人員不致於因為過多的設備編號有混亂的情形發生，或是隨著檢修作業的進行，有時設備有重複檢修的情形發生，但是透過此系統藉由色彩的區隔知道哪些消防設備是已檢修、未檢修，供消防檢修人員參考，避免重複以及缺漏檢修的情形發生。
2. 過去消防設備檢修之模式是以人工於紙本表單上做檢修記錄，當建築物全部消防檢修設備完成之後回到辦公室做整理，將檢修資料一一鍵入電腦中再產出檢修報表，此方法造成在鍵入電腦階段時可能遺漏或輸入錯誤檢修資訊，使得檢修記錄出錯的機率增加。本案例則是利用 BIM 模式檢修，將檢修過程已電子化方式記錄，運用平板電腦使檢修作業無紙化，以往厚重繁雜的隨身紙本記錄表整合於平台中，在資料攜帶的方便性提升，改變原有以紙本紀錄之方式，此方式較能方便將檢修紀錄保存，節省以手抄寫所耗費的時間，也可避免因字跡潦草難以辨別之問題。本案例在檢修當下消防設備師(士)即填入檢修資訊，改善以往同一份檢修記錄需花兩倍時間輸入資料。在輸入完檢修資訊同時，直接透過資料庫資訊產出所需報表，簡化人工彙整程序以達省時的方便。
3. 檢修人員能透過手上之筆記型電腦或平板電腦調閱必須接受檢修之消防設備。檢修人員確認過消防設備之狀態後，便能即時將檢修結果寫入系

統。並且具備彙整出檢修報表的功能，在檢修時即直接使用電腦紀錄檢修成果，比較傳統紙本檢修之模式，本案例在檢修動作完成時便能夠不需要任何將文字紀錄轉換成電子檔案之手續即可產出電子報表。也可避免檢修人員字跡過於潦草導致進行內業時人員辨識困難以及二次紀錄發生資訊遺漏之風險。檢修的過程當中不僅減少了人工抄寫的時間與紙張用量、免除內業之作業時間、減少檢修前置作業準備時間，檢修人員在內業作業中即可掌握設備相關資訊，大幅提高檢修效率。此外，直接使用筆記型電腦或平板電腦紀錄檢修成果之方式能夠省去過去檢修時所需攜帶的大量紙本的麻煩。

4. 進入系統檢修消防設備的同時，能夠直接在系統當中調閱該消防設備之檢修歷史。相較於過去必須將檢修資料紀錄於紙本中並經過內業手續之過程，傳統之檢修方式無法瞭解過去之檢修歷史；或是需要透過紙本之攜帶以輔助檢修歷史狀況。本案例透過系統則可以直接將 BIM 模型中之物件當作一獨立資料庫，將該物件過去所發生之事件即檢修紀錄寫入資料庫當中，不但免除傳統紙本難以保存之短處，也可以省去電子文件檔案需要額外的文件管理模式之麻煩。檢視檢修歷史之功能幫助使檢修人員獲得更多消防設備之資訊，讓檢修人員能夠綜合歷史相關紀錄並且協助人員判定本次檢修之結果，提升檢修成果之精度。
 5. 系統將滅火器以顏色之不同作為檢修結果之區分可以快速地看出滅火器檢修成果。系統以紅色代表滅火器的遺失，但對於檢修人員長年之經驗判斷，滅火器原來的顏色即為紅色，若將紅色調整為檢修正常之滅火器將會更符合檢修人員直覺化的操作。
 6. 進行檢修作業時必須藉由平板電腦連線至後段伺服器以連結資料庫取得資料。本案例在執行時因建物中無線網路涵蓋率有限，部分區域無法收到 wifi 網路之訊號，因此必須切換使用 3G 網路之訊號以彌補此部分之缺陷。
- 內業階段
 1. 利用本計畫導入之模式所建置之 BIM 之 API 程式，將檢修結果利用程式自動將報表產出，可節省以往內業工作之時間。
 2. 利用電子化方式儲存資料，可以方便資料的調閱、整合，做其它之應用，而檢修人員也可瞭解建物設備之數量以及品項之正確性，做資產管理。

透過本次案例導入，本研究針對 BIM-based 消防安全管理系統提出 SWOT 分析檢視此系統在消防檢修項目之優勢、劣勢、機會與威脅，分析內外部環境，提供使用者作為參考，使此 BIM-based 消防安全管理系統更具實用性及未來發展性，(請參閱表 6.5 所示)。

表 6.5 BIM-based 消防安全管理系統 SWOT 分析表

	對達成目標有幫助的	對達成目標有害的
內部組織	<p>Strengths 優勢</p> <ul style="list-style-type: none"> ● BIM-based 消防安全管理系統介面操作簡單容易，使用者容易上手，並且以視覺化呈現設備狀況與進度維護情形，表現結果判別清楚，讓使用者一目瞭然。 ● 消防設備檢修時所要求的項目都考量到，幫助有效消防設備檢修之管理並且能做缺失統計，清楚了解故障之消防設備數量。 ● 由於檢修紀錄於系統中已記錄完成，對於執行內業作業較傳統二次紀錄建檔有效率，並且因資訊系統化儲存，在交接時不易有斷層。 ● 面臨資訊化網路快速的進展，此系統能運用新興之 BIM 概念與伺服器連結導入消防設備檢修，即符合現代講求快速的 E 化時代需求。 	<p>Weaknesses 劣勢</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 由於 BIM 軟體成本較高，若套用在小型場所則較不符合經濟效益。 ● 對於無建置 BIM 模型之建築物，並無法直接導入此應用模式，尚需進行模型建置，而管理者需針對 BIM 軟體進行學習，因此在使在初期使用時造成花費之時間會較長。
	<p>Opportunities 機會</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 由於此 BIM-based 消防安全管理系統操作易上手，介面方面全方面符合大眾需求，能給予方便管理消防設備。 ● 幫助檢修人員在執行上的效率和降低不便性，成為檢修人員工具書。 ● 除了針對檢修人員使用，亦提供業者方便了解資訊與自主維護使用，達到有效自我管理。 ● 藉由授權將資料提供給消防機關，亦提供消防機關了解設備維護狀況與進度，以作為有效監督。 	<p>Threats 威脅</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 此新興系統將使傳統檢修人員傳承之檢修作業方法遭到淘汰。 ● 由於 BIM 模型中含有大量的資訊，若無特別考量安全性之問題，易造成資料無法受到保護而遭擷取。
外部組織		

(資料來源：本研究整理)

除上述的系統 SWOT 外，本研究亦比較消防安全設備的傳統檢修作業方式與導入 BIM 後的檢修模式之差異，其主要探討項次是針對 3.1 所探討的現況問題為主，差異分析內容整理為表 6.6 所示。

表 6.6 傳統檢修作業與導入 BIM 後之差異分析表

階段	項次	導入前	導入後	說明
準備階段	調閱設備資料	費時	省時	若管理權人無法提供相關設備資料或設備配置圖，檢修人員須自行至現場繪製相關圖說；在 BIM 的幫助下，檢修人員僅須在內業即可掌握設備相關資訊，包含基本資料及設置位置，節省大量準備時間。
	歷史檢修資料	不完整	完整	傳統檢修人員皆使用紙本至現場進行檢修作業，再回內業整理成為檢修報告書，檢修資訊並未系統化的儲存，造成後續檢修或維護作業難以查詢歷史資料；導入 BIM 後，所有的檢修資訊皆與設備模型做連結，因此可透過 BIM 模型快速查詢或印製歷史檢修資訊，供檢修作業使用。
	消防安全設備資料	整棟為單位	個別獨立	傳統作業方式無法掌握個別的設備資訊，大多檢修報告皆以整棟為單位，單獨說明需改善的設備；透過 BIM 模型使每個設備具有所屬的模型物件，使用者可分別查閱欲瞭解的設備資訊。
執行階段	記錄檢修情況	紙本	電子化	本研究將紙本記錄改變為以平板電腦紀錄檢修資訊，不僅減少人工的抄寫的時間與紙張的用量，亦提升了檢修作業的效率。
	管理權人監控檢修情況	不可	可	藉由雲端檢修資料庫，管理權人可隨時隨地更新最新檢修狀況，監控檢修作業的進行。
	資料攜帶	不便	方便	傳統檢修作業需收集相關文件，但利用將

階段	項次	導入前	導入後	說明
				資料輸入於平板電腦中，能降低在檢修階段作業上攜帶文件之不便。
	人為建檔輸入錯誤	高	低	若檢修人員字跡潦草，常造成內業辦公人員辨識或輸入資料的困難，且二次記錄過程將增添人為疏失致使紀錄產生錯誤之風險。
	重覆檢修	高	低	藉由 BIM 可了解哪些設備已檢修完畢，避免因檢修前未分配好每人負責項目，造成重覆檢修。
	錯誤檢修	高	低	透過 BIM 能清楚表達設備圖說相關性，減少因 2D 平面圖表示造成誤解設備位置。
內業階段	重覆撰寫檢修資料	需要	不需要	在內業整理時，常發生同樣種類之設備資料重複填寫的情況。藉由各別獨立模型所提供的資訊，使用者將不必重複填寫設備資料，系統將自動產生。
	資料彙整	費時	省時	消防設備師(士)直接透過模型資訊及資料庫資訊產出所需報表，進行報告書的彙整，簡化以往人工彙整的程序。
	資產管理	不可	可	藉由 BIM 模型的建立，使管理權人可輕易地確定設備品項及數量是否正確。
	圖文配合	無	有	管理權人由 BIM 所建置的模型中，透過視覺化能清楚表達設備位置與缺失改善結果，減少與消防設備師(士)之溝通表達錯誤。

(資料來源：本研究整理)

第四節 導入成本分析

本研究所規劃的應用模式中，導入的成本大致上可分為軟體、硬體、模型建置、人員教育訓練。模型建置成本並不易估計，主要原因在於現行國內的市場價格未有公定的估價方式，各建置公司皆有自行的估價方式，無法客觀地量化實際建模的成本；而在人員教育訓練方面，本研究所開發之 BIM-based 消防安全管理系統以簡易操作為基礎，因此使用者僅需學習 BIM 軟體的基本操作即可上手，不需高額的人員教育訓練成本；故在此節中，本研究將針對使用者在軟體及硬體上的成本進行分析。在本次案例導入中，導入對象為建築物管理權人(本校總務處)及檢修人員(消防設備師)，以下將分析兩者於案例導入時的軟硬體成本，以供相關單位與後續研究參考。

● 建築物管理權人

管理權人在整體應用模式中需管理 BIM 模型及管理檢修資料，故本研究協助管理權人建置建築物單一樓層 BIM 模型與 BIM-based 消防安全管理系統，並架設資料庫伺服器作為檢修資料儲存的位置。在軟體的部分，本研究將第五章第二節所選用軟體工具導入在本案例中，模型建置工具採用 Revit Architecture 2011，單套軟體市價約 200000 元，授權方式可分為網路授權及單機授權，其接為同時間僅能有一人使用，差異點在於軟體是否可以不同電腦使用；資料庫系統採用 Microsoft SQL Server 2003，單套軟體市價約 20000 元。在伺服器硬體的部分，本研究考量管理權人需 Revit 開啟 BIM 模型進行管理或監控設備維護狀況，因此以 Autodesk 所建議之系統需求為最低需求，向上設置伺服器硬體規格。以下為 Autodesk 建議 Autodesk Revit Architecture 2011 使用者在系統上的基本需求：

- Windows 7 64 位元或 Windows Vista 64-bit：Intel® Core™ i5-2300 四核處理器(2.8 GHz, 6 MB cache)或等效 AMD® 處理器。
- Windows XP Professional x64：Intel Pentium 4 或 AMD Athlon 雙核，1.6 GHz (或更高版本)採用 SSE2 技術。
- 8 GB RAM
- 5 GB 可用磁碟空間
- 基本圖形需支援 24 位元顏色的顯示配接器；若為進階圖形，支援 256MB DirectX® 10 與 Shader Model 3 的顯示卡。

本研究將上述所提到的軟硬體設備，以官方建議售價與市場價格概估導入成本，將整體導入成本整理如下表 6.7 所示，此成本不包含作業系統及模型建置之花費。

表 6.7 管理權人導入成本概估表

項目		成本	比例
BIM 軟體	Autodesk Revit Architecture 2011	約 200000 元	75%
資料庫系統	Microsoft SQL Server 2003	約 20000 元	10%
伺服器	處理器：Inter Core i7-2600 記憶體：8G 顯示卡：nVidia Quadro 600	約 30000 元	25%
		總計：約 250000 元	

(資料來源：本研究整理)

● 檢修人員

本研究選用 Autodesk Revit Architecture 作為 BIM-based 消防安全管理系統的應用軟體主要有一重要之原因，Revit 釋出 Viewer Mode 提供未購買軟體但需觀看模型者使用，使用者不需花費額外的成本即可操作 Revit 中所有的功能，但不可進行儲存的動作。因此，本研究在此次案例導入中，消防設備師僅需攜帶 Windows 作業系統的平板電腦或筆記型電腦，並安裝 Revit Viewer 及本研究所開發的 BIM-based 消防安全管理系統，即可開啟管理權人所提供的建築物 BIM 模型。在整體 BIM 檢修模式中，檢修人員僅需投資硬體成本，不需在軟體上作額外的花費，即可藉由 BIM 之概念有系統地進行檢修作業，提高檢修品質與效率。

在硬體設備的系統需求，可參考上述 Autodesk 所建議的基本設備即可，此次案例導入所選用的設備為 HP Pavilion tx2506，市價約 30000 元。檢修人員整體導入成本整理如下表 6.8 所示

表 6.8 檢修人員導入成本概估表

項目		成本	比例
BIM 軟體	Revit Architecture 2012 Viewer	免費	0 %
平板電腦 (或筆記型電腦)	HP Pavilion tx2506 (規格如表 5.2 所示)	約 30000 元	100 %
		總計：約 30000 元	

(資料來源：本研究整理)

統整以上導入成本分析，在建築物 BIM 模型已建置完成的條件下，若要導入 BIM 概念於消防安全設備檢修作業，則管理權人約需負擔 25 萬元的軟硬體成本，而檢修人員約需負擔 3 萬元的硬體成本。從成本分析結果可以得知，管理權人需負擔較高的導入成本，但若排除 BIM 軟體之成本，則管理權人所付出的導入成本並不高。在本研究的研究限制中，應用之建築物是以在竣工階段前已導入 BIM 概念之建築物，竣工後應將 BIM 模型移交給業主進行後續應用（如能源分析、安全管控及設備維護...等），在此前提下，管理權人本應擁有 BIM 軟體，方能管理及維護 BIM 模型，因此 BIM 軟體並非僅為導入消防安全設備檢修作業所使用；此外，回顧當年 AutoCAD 軟體在初期發展時，其軟體價格亦居於高價位，但在十年後廣獲建築業界採用，軟體成本亦隨之降低，因此反觀 BIM 之發展，國內 BIM 概念之發展仍處於初期，未來當採用 BIM 概念之使用者逐漸普及時，軟體價格固然隨之下降。總而言之，本應用模式的導入成本對於建築物管理權人及消防設備檢修公司並非為龐大的開支，且該成本僅需在初期投入，即可不斷地利用。管理權人在建築物竣工後接收前置階段所建置 BIM 模型後，僅需付出軟硬體成本，對 BIM 模型作適當地維護，即可使用在整體營運階段；而檢修人員僅需在初期付出硬體成本，即可使用於不同案件的檢修作業上，故後其所得到的實際效益相對大於初期之導入成本。

第五節 小結

本章節選擇一研究大樓作進行案例驗證，驗證內容包含本研究所提出之 BIM 模型建置模式與 BIM-based 消防安全設備管理系統。在 BIM 模型建置的部分，因消防安全設備檢修作業在 BIM 模型中的需求不高，因此依據第四章所規畫的

建置內容，經由五人利用協同作業建置該案例 B2F 之 BIM 模型，共花費 5 天工作天，主要原因在於大部分的構件僅需 LOD200 的等級，而元件的參數直接套用本研究所確立之元件參數即可。在系統導入部分，本研究請具有執照的消防設備師，實際利用本系統進行設備檢修，檢修設備為單一樓層的所有滅火器。從準備階段、執行階段至內頁階段，BIM 模型與系統能有效提供消防設備師在檢修上之需求，如設備位置圖、設備數量、檢修紀錄、歷史資訊、檢修狀況顯示即匯出檢修報表。最後針對本研究所開發之系統進行 SWOT 分析，並將傳統作業模式與 BIM 導入後之模式進行差異分析及成本分析，提供後續研究人員參考。

第七章 結論與建議

BIM 概念涵蓋了建築物整體生命週期，從規劃、設計、施工、營運及拆除階段，皆為 BIM 所應用的範疇。但在 BIM 文獻蒐集與應用案例探討後，發現目前 BIM 的研究發展較被關注在規劃及設計階段，僅有少部分的研究針對施工與營運階段進行探討。但營運階段為建築物生命週期中最長久的階段，如何利用 BIM 應用至設備維護管理，為 BIM 概念必須正視的問題，且為一重要的課題。在此次研究中，本研究示範如何利用 BIM 概念進行消防安全設備檢修作業，包括檢修結果視覺化、設備分布位置分析、設備數量統計、BIM 模型建置需求與報表產出。

為使 BIM 所帶來的效益能延續至建築物竣工後的設備維護，並應用至消防安全設備的檢修作業上，本研究透過國內外相關 BIM 之文獻與應用案例情形，整理 BIM 概念及流程對於建築物所帶來的效益；並藉由專家訪談的方式，了解整體消防安全檢修作業之現況後，進而分析檢修作業現況之不便與缺失。利用 BIM 之優勢與特性，提出 BIM 於消防安全設備管理之應用模式，協助建築物管理權人與檢修人員使用 BIM 模型進行檢修作業。最後本研究分析消防安全設備於 BIM 模型中所需之資訊，建置 BIM-based 消防安全設備管理系統雛型，並在案例導入與專家座談會中，探討及驗證應用模式可行性與系統功能模組之需求。經過以上研究過程，本章列述以下研究結論與建議。

第一節 結論

1. 藉由文獻蒐集與探討，發現國內外大多數研究皆著重在規劃階段、設計階段及施工階段之應用，主要原因在於探討 BIM 概念之基礎流程。當 BIM 概念所發揮之效益經過大量檢視與驗證後，未來發展趨勢將大幅改善傳統 AEC 營建流程，且發展重點著重在能源分析、系統整合、施工與營運階段之應用。
2. 依據作業現況流程與專家建議，擬定 BIM 於消防安全檢修之應用模式，將檢修模式訂定為三階段，分別為準備階段、執行階段與內業階段。於準備階段時，BIM-based 消防安全檢修系統可提供管理權人將 BIM 模型資訊更新於

- 資料庫，並使檢修人員快速地查看與匯出消防設備資料，瞭解設備種類、位置、數量與歷史紀錄等資訊；於檢修階段時，將系統定位於展示檢修設備狀況與紀錄檢修資訊，並區別已檢修設備與未檢修設備，幫助檢修人員與管理權人釐清檢修進度；於內業階段時，系統將自動分析與整理 BIM 模型資訊與檢修資料，自動產出申報時所需檢修報表，提供管理權人進行申報作業。
3. 在設備模型參數歸類為兩大類，分別為設備基本資料與設備檢修資料。在本研究所提出的應用模式中，考量 BIM 概念為一個完整流程，因此將設備基本資料存放在 BIM 模型的設備參數中，使設備的基本資料可於各階段中逐步填寫完成；而設備檢修資料不存放在 BIM 模型中，其存放於 BIM-based 消防設備檢修資料庫中，主要目的在於降低 BIM 模型資訊量的負擔，其資料庫之資訊未來可整合與分享於其他系統使用。
 4. 建置 BIM 模型的流程宜規劃為兩大階段，其一為規劃階段，其二為建置階段。規劃階段必須訂定模型的目的、流程、細緻程度、介面分工與整合程序；執行階段遵循規畫階段所訂定的原則，從概念設計不斷發展至細部建模與圖說產出，在過程中須持續的將專案目標所需資訊輸入置模型中，以使模型在竣工時能夠符合後續營運維護之需求。在以上規劃的流程中，消防安全設備應在最初規畫時，即被列為考慮項目，方能針對設備模型需求、模型建置單位、參數輸入單位與驗證設備模型單位進行規劃，使竣工模型能夠提供管理權人與檢修者足夠資訊進行檢修作業。
 5. 消防設備檢修於 BIM 模型之需求為建築物內部的空間分布、動線、設備位置與維護資訊，依據該需求規劃 BIM 模型建置的細緻程度；結構體(柱、樑、版、牆)與建築裝修(門、窗、樓梯、隔間、天花)僅需至 LOD200 的程度；而機電部分僅需考慮消防系統，而消防設備在 BIM 模型中的外觀並非檢修作業之需求，因此將消防設備的視覺外觀細緻程度規劃為 LOD300，而元件參數規劃為 LOD500，使消防設備元件能夠提供正確的設備位置與檢修資訊需求。
 6. 透過單一樓層的實際案例導入，實測 BIM-based 消防安全設備檢修系統。測試結果顯示本研究規劃之應用模式可有效地利用 BIM 之特性，協助管理權人與檢修人員透過 BIM 模型進行檢修作業，並將整體檢修過程電子化與視覺化；除幫助檢修人員快速記錄檢修內容與處置措施，並使管理權人透過顏色快速識別各設備的檢修狀況，最後由系統自動化的統計與分析檢修結果，

- 產出申報所需的檢修報表，提升整體檢修作業的效率與品質。
7. 本研究假設應用模型為施工階段已建置完成之模型，但若建築物在施工階段無建置 BIM 模型時，則必須由建築物管理權人自行建構 BIM 模型。管理權人可將竣工圖交給相關單位(如物業管理公司)，並依循本研究所規劃的模型建置 BIM 模型，即可將該模型應用於消防安全設備檢修作業。
 8. 本研究規劃一完整的系統架構及資料庫，透過 Autodesk Revit 所提供的 API 進行開發 BIM-based 消防安全管理系統，示範如何利用 BIM 概念實行消防安全檢修作業。選用 Revit 作為本研究之示範軟體的原因在於該軟體為目前國內外較普及之 BIM 軟體，對於其它 BIM 軟體進行檢修作業，亦可依據本研究提出之系統架構及資料庫進行開發，即可建置相同功能之系統。

第二節 建議

1. 本研究目前階段並未探討資料的標準化，建議後續研究制定消防安全 BIM 模型建置標準，並透過介面平台將各軟體所建置完成的 BIM 模型轉換成標準資料，如 IFC、XML 等標準資料格式，使不論是用何種軟體建置 BIM 模型，介面統一不會因軟體更新而有所改變，亦可便於政府進行相關應用之整合。
2. 本研究所使用的 BIM 軟體為 Autodesk Revit，其為 BIM 建模工具軟體之一，除管理權人需要該軟體管理 BIM 模型外，其他使用者皆不須於模型中進行新增、刪除、修改模型等動作，僅需查詢模型資料。因此建議後續研究可使用 Web-based 的方式或是特殊整理過的介面(如 DWF 格式)，利用軟體所提供的 API 開發使用者介面，使簡化至符合使用者需求的簡易介面，降低系統使用的門檻。
3. 本研究以實現 BIM 模型與外部資料庫之間的連結與可視化，建議後續研究仍以物聯網之概念，針對可視化之雙向檢視操作進行研究發展。即由物件連結回模型空間與由模型空間檢出待檢物件列表，如此應可提升檢查計畫安排之彈性與實務性。
4. 本研究所規畫的資料庫已足以完整記錄消防安全檢修作業之檢修內容，且資料庫放置位置為網路伺服器中，建議後續研究可與地方或中央政府合作，思

考如何整合本研究之資料庫與網路檢修申報之資料庫，使得檢修人員完成檢修作業時，亦同時透過電子憑證完成檢修申報動作，簡化整體檢修申報之流程由於，以大幅降低如二次輸入的錯誤。

5. 本研究所選擇的導入案例為教學研究大樓之單一樓層，可能仍有許多層面尚未探討，應進一步導入實際案例進行探討。建議後續研究可選用單一業主、或是屬於有一定規模之單一企業，以管理權人提供一般大樓或是住宅，推廣示範並發表意見和使用心得。
6. 本研究之研究範圍為消防安全領域中的消防安全設備，在防火避難設施部分並未納於本研究範圍中。在 BIM 模型中，含有豐富的空間資訊與裝修元件資訊，對於防火避難設施的法規檢討具有相當大的幫助，建議可利用 BIM 模型探討防火避難設施之法規，進一步的開發法規檢討系統，供建築物設計單位使用，使其可在規畫設計前即透過 BIM 模型分析法規要求，降低不必要的設計變更與簡化建物審照流程。
7. 本研究先以不改變現行作業為基礎呈現了 BIM 導入消防安全設備管理應用之可行性。然今日之大環境正有許多即將改換人們居家生活工作環境的新科技，如火如荼的展開大放送，包括智慧化設備、手持式行動裝置、Wireless Sensor Network、寬頻網路...，如智慧綠建築之政策性推動，實可提供將來生活空間配置之大變革，消防設備之更智慧化即可管理化應該可以預期。因此，後續系列研究應可以更開創的角度配合智慧綠建築之系統性研擬新一代智慧化消防安全設備規格及管理系統架構。
8. 本研究以 BIM 模型以聚焦於消防安全維護及檢查階段之應用為主，如為充分應用必要建置的 BIM 模型，後續研究應可研究運用 BIM 模型進行建築物在消防事件情境下之各種性能分析，分析資料可做為後續消防安全設備配置、檢查及狀況處理之運用。
9. BIM 概念對於營建產業具有降低風險之效果，且能夠詳細記錄建築物生命週期中的各項資訊。若欲積極推動營建業導入 BIM 概念，建議政府能與銀行、保險業者合作，推出導入 BIM 之配套措施，給予建設公司、建築師、營造廠與消費者相關優惠措施，例如提高貸款額度或降低房貸利率等措施，鼓勵整體營造業導入 BIM 概念，並鼓勵消費者購買具有 BIM 概念之住宅。

建議一

制定 BIM 模型建置標準規範—立即可行建議

主辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府建管單位

本研究主要探討 BIM 在建築物生命週期中的營運階段之應用，並未詳細探討規劃設計階段之內容。建議後續研究可依據本研究所確立的資訊需求為基礎，探討 BIM 模型在建置時，如何將資料架構標準化，使模型完成時可交由政府做進一步的利用，例如建照、使照的審查。BIM 已成為各國建築業積極推動的重點概念之一，建議政府應著手推動 BIM 的導入並制定相關 BIM 模型建置標準規範，對於台灣在 BIM 之推動發展將能夠產生更大的突破。

建議二

建築物 BIM 模型與其他資訊系統整合—中長期建議

主辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：縣市政府建管單位、內政部消防署、行政院公共工程委員會

當 BIM 模型在規劃設計階段具有標準規範可遵循時，應透過法規的制定，要求各新建建物提供具有標準格式之 BIM 模型，並進一步整合於相關資訊系統(如檢修申報系統、監控系統、法規審核等系統)。建築資訊模型(BIM)具有單一模型及完整建築資訊之特性，可以協助規劃、設計及營運在建築物的分析、模擬及管理，透過建置的 BIM 模型及運用 BIM 模型進行各種分析，分析資料可做為後續管理、檢查及狀況處理之應用。

第三節 後續研究方向

1. 利用 BIM 規畫與模擬逃生動線

利用建物所建構出的建築物 BIM 模型，藉此資訊了解建物的材料性質與消防設備的配置，並透過 FDS 系統模擬火災發生時火場的壓力、溫度與煙流流動的物理數據，再以 BIM 為基礎將其數據轉回 BIM 模型中進行逃生之規劃與模擬。

2. 結合 BIM 模型於遠端監控系統

將 BIM 與遠端監控系統結合，當警報設備發出異常訊號時，管理者可於 BIM 模型中即時得知異常位置，並於遠端開啟監視器畫面查看現場實際狀況，協助管理者對於異常訊號進行應變決策，提升管理人員於消防安全監控作業之便利性與即時性。

3. 整合 BIM 與火災模擬軟體(Fire Dynamics Simulator, FDS)開發分析系統

利用建物所建構出的建築物 BIM 模型，藉此資訊了解建物的材料性質與消防設備的配置，並透過 FDS 系統，模擬火場中人員疏散情況，並可預估火災發生時火場的壓力、溫度與煙流流動的物理數據，使之當災害來臨時能成為合適的避難空間。

4. 結合 BIM 模型於消防設備受信總機

現行的消防設備受信總機當偵測到異常狀況時(如火警、排煙或灑水...等)，受信總機以燈號亮誌呈現發生問題的地區位置及設備。而藉由與 BIM 的結合，便能夠以 3D 視覺化的方式立即顯示於模型中，使管理人員能夠立即掌握發生異常狀況之位置並做出決策。

5. 利用 BIM 模型輔助消防法規審核

因消防法規中有規定許多關於消防設備的安裝規範及器具的規定，因此可藉由 BIM 模型所提供的設備資訊，系統化的自動逐一檢查是否符合法規的標準，以節省人員時間的成本和減少人為疏忽的可能。

附錄一 甄審意見及廠商回應一覽表

內政部建築研究所

100 年度防火科技發展計畫協同研究計畫第 6 案

「建築資訊模型(BIM)於建築物消防安全管理之應用」

甄審意見及廠商回應一覽表

項次	甄審意見	廠商回應
1	1. 計畫內容主要是類似於營建管理，而與過去不同者只是由 2D 變成 3D，所以務必說明對建研所或公共安全領域的貢獻，研究團隊應具體說明。	1. 感謝委員意見。本研究所應用建築資訊模型(BIM)不同於 3D 環境而且並非只是將 2D 轉成 3D，本研究已補充說明 BIM 與 3D 之差異及其主要效益，請參閱研究報告書 P.24~P.29。
2	1. 如何選擇 BIM 軟體？是由誰來評估較恰當？ 2. 示範案例是否有看法？	1. 感謝委員意見。本研究已蒐集整理常用 BIM 軟體之特色，提供未來使用者評估之參考，請參閱研究報告書 P.12~P.24。 2. 本研究已實際導入單一樓層並探討其成果，請參閱研究報告書 P.133~P.163。
3	1. BIM 系統的使用在建築設計及物業管理，使用維護已具有成效，但本案在防災政策上及搶救防護上的效益如何，建議在未來研究上也應有所探討。 2. 研究中建議以個案模擬方式以呈現具體成果。	1. 感謝委員意見。本研究已分析探討 BIM 在消防安全管理之應用及效益，請參閱研究報告書 P.153~P.159。 2. 感謝委員意見。本研究主要探討 BIM 應用模式及 BIM 模型建置為主，並已選擇合適案例實際導入單一樓層並探討其成果，請參閱研究報告書 P.133~P.163。
4	1. 研究成果應另表達量化績效，如受益建築物數量、樓地板面積、土地面積、操作時間	1. 感謝委員意見。本研究成果之績效項目內容已盡量以量化指標為建置原則，請參閱 P.160~P.162。

	<p>及有關安全防災量化指標。</p> <p>2. 請考量公共安全、防火設施方面如何順利擴充。</p>	<p>2. 感謝委員意見。本研究已針對 BIM 在公共安全及防火設施管理之應用模式，撰寫相關建議，請參閱研究報告書 P.167~P.170。</p>
--	---	--

附錄二 工作會議審查意見回覆

內政部建築研究所 100 年度

「建築資訊模型(BIM)於建築物消防安全管理之應用」協同

研究計畫案工作會議委員意見及廠商回應一覽表

委員	委員意見	廠商回應
邱垂德	<p>BIM 具有效溝通不同專業，發揮「分工建模、協作設計、整合分析」之能力而提升效率。建研所投入研發名符其實，但重點不應在軟體開發，使用何種軟體固然重要，但不是研究重點。本案聚焦在「消防安全管理」末端資訊整合的應用，但仍以「整合分析」為重要目標，也就是建物的其他資訊，尤其是與消防安全有關的所有模型、資訊，未來都可以自動化(電腦化)地整合起來，建議可以加強此類整合分析能力的探討。具體工作項目也許可以增加下列兩項工作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 應用他案已完成的 BIM 建築空間模型，進行消防安全管理設備之建模、歸列、分析與模擬。 2. 分析國內建案的生命週期，朝所謂 BIM 的三大支柱之 IDM 及 IFD 著手，嘗試建立國內適用的 BIM-based 消防設備圖層或元件。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。本研究於應用模式確立後，已導入實際案例之單一樓層，針對本研究規劃之應用模式加以驗證探討並回饋修正(請參閱研究報告書 P.133~P.163)。 2. 本研究在建立設備模型元件前，已選用具有 BIM 概念之軟體作為本研究之開發工具，軟體本身應具有 IFC、IDM 及 IFD 等標準架構，而本研究開發之設備元件皆於軟體下操作，應能夠透過 IFC 標準格式進行轉化，確保 BIM 軟體間的互通性。相關內容(請參閱研究報告書 P.94~P.97)。
林世昌	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消防設備物件設計及基本資料，可請資深消防設備師提供資料。 2. BIM-based 與消防安全設 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。本研究已與消防設備師(士)進行專家訪談，探討消防設備模型元件所需考量之資訊，確保該元件能夠符合消防

	<p>備管理系統的硬體規格為何？請說明。</p> <p>3. 管理系統的檢修資料，以報表產出要如何與現有消防署、台北市、新北市的電腦申報系統結合，請說明。</p> <p>4. BIM 軟體是否有日本軟體。</p>	<p>設備檢修作業之需求(請參閱研究報告書 P.64~P.71)。</p> <p>2. 本研究已於研究內容說明系統所選用之建議硬體規格(請參閱研究報告書 P.160~P.162)。</p> <p>3. 本研究已依據現行消防設備檢修作業之檢修報表項目，進行規劃應用模式及資訊項目。而本研究主要以現行檢修申報制度且不改變主管機關審查之流程為基礎，應用 BIM 模型協助建築物管理權人及消防設備師(士)於消防設備檢修之作業內容，如何與相關單位之申報系統結合建議規劃於後續研究(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。</p> <p>4. 目前常見之 BIM 軟體多為歐美國家所開發，由亞洲國家所開發之 BIM 軟體甚少。在本計畫之執行期程內，本研究已蒐集現行常見 BIM 軟體資料，其範圍並未僅侷限在歐美國家，亦針對其他亞洲等國家進行資料蒐集，以作為未來軟體選用之參考(請參閱研究報告書 P.85~P.93)。</p>
<p>郭恩書</p>	<p>1. 有關本案為 BIM 運用於建築物消防安全設備管理之運用，日前研究團隊之檢修為運用目標，但消防安全設備管理分為設計、建造、裝置、檢修，因此建議界定研究目標後方能確認研究方向。如目前所採目標為檢修，則以延續既有已建模他案則較為適宜，另如探討各管理階段與其他建築界</p>	<p>1. 感謝委員意見。本研究的研究範圍主要為消防安全設備的檢修階段，在應用模式規劃時，與檢修階段有關之人員及其權責已一併納入考量，探討 BIM 應用於消防安全設備管理之可行模式(請參閱研究報告書 P.49~P.62)。</p> <p>2. 本研究範圍主要針對消防安全中的消防安全設備檢修作業流程，有關防火避難設施之探討將</p>

	<p>面整合，作為深入探討推動 BIM 運用於消防安全設備管理之可行性或先期規劃。</p> <p>2. 消防安全設備檢修部分項目與防火避難設施有競合、整合項目，此部分建議予以整合。</p> <p>3. 本應用系統若持續推動，其主要使用者為何，因為主要使用者可能決定本應用系統之規劃方向。</p>	<p>規劃於後續研究(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。</p> <p>3. 本研究目的在於以 BIM 模型協助建築物管理權人及消防設備師(士)進行消防設備檢修之作業，因此整體系統之操作介面及資訊項目亦針對該使用者之需求作為規劃方向(請參閱研究報告書 P.2~P.3)。</p>
<p>鄭純茂</p>	<p>1. 模型由誰建置和管理？</p> <p>2. 軟體授權之問題？</p> <p>3. 地方主管機關於資料管理，尚缺系統。</p>	<p>1. 感謝委員意見。本研究初步規劃的應用模式中，模型之建置與管理應為建築物管理權人之工作，並須提供與消防安全設備檢修相關之模型予消防設備師(士)進行檢修作業(請參考研究報告書 P.2~P.3 及 P.57~P.62)。</p> <p>2. 本研究主要目的在於規劃 BIM 於建築物消防安全管理之應用模式，而實際應用時之軟體授權問題，本研究已提出建議供導入單位參考(請參閱研究報告書 P.160~P.162)。</p> <p>3. 本研究主要以現行檢修申報制度且不改變主管機關審查之流程為基礎，應用 BIM 模型協助建築物管理權人及消防設備師(士)於消防設備檢修作業內容。有關 BIM 模型如何與主管機關審查流程整合並建置管理系統，本研究已補充於報告書(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。</p>

附錄三 期中審查意見與回覆

內政部建築研究所 100 年度協同研究案
「建築資訊模型(BIM)於建築物消防安全管理之應用」期中審查表

委員	審查意見	廠商回應
林世昌	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用 BIM-based 消防安全設備管理系統需要多少成本，請在研究報告中說明。 2. 管理權人的建築物平面及設備如何導入 BIM 系統，要請哪一個公司或團體來建置，需花多少成本，請補充說明。 3. 建議 BIM 系統由軟體公司設置，類似雲端伺服器及資料庫，使消防設備師(士)下載使用檔以 IE 的方法操作，比較可行。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議。本研究已補充相關成本說明(請參閱研究報告書 P.160~P.162)。 2. 感謝委員建議。本研究已補充說明(請參閱研究報告書 P.160~P.162 及 P.167)。 3. 感謝委員建議。本研究已補充說明(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。
施宣民	<ol style="list-style-type: none"> 1. Building Information Modeling 與 Building Information Model 的定義不同，前者是一個流程，後者是屬 3D BIM 模型，建議把 BIM 從設計、施工與竣工作消防檢討。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議。本研究之研究範圍關注在建築物的營運階段，因此著重在竣工後的應用模式。本研究已補充理想狀況下 BIM 流程之建築物消防相關說明(請參閱研究報告書 P.81~P.84)。
邱文豐	<ol style="list-style-type: none"> 1. 文獻蒐集整理完備，是否有 BIM 應用在消防安全的國外文獻？或顧問公司的實務應用經驗。 2. BIM 軟體工具甚多，是否本研究已確定選用？擇一或擇二？消防工程設備維護管理上優、缺點為何？建議未來選一棟建築物為應用對象來呈現研究結果。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議。本研究已針對委員之建議補充文獻蒐集與整理(請參閱研究報告書 P.38~P.39)。 2. 感謝委員建議。本研究目前選用 Autodesk Revit 作為本研究之 BIM 軟體，並已於研究報告中補充其優缺點。本研究已導入實際案例的單一樓層中探討成果(請參閱研究報告書 P.88~P.89、P.102~P.105 及 P.133~P.162)。
徐文志	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究對於 BIM 系統的建置，可以有效溝通在建築生命週期中各不同專案人員之參與，但國內的營建現實環境中以一套 BIM 系統貫穿所有設計、施 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究之研究範圍主要是著重於營運後的消防安設備檢修與維護作業。關於消防審查與救災之應用，本研究已

	<p>工與維護，使用的專案操作尚有距離。因此建議本案仍以 BIM 在消防審查、檢修、維護與救災之整合範圍為主。</p>	<p>於後續研究建議中補充說明(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。</p>
許銘顯	<ol style="list-style-type: none"> 1. BIM 資料模型的建立對建築物消防安全管理是有幫助的。 2. 對於軟體使用更新及相容性、人員使用的訓練要如何，加強說明。 3. 建議以一實例做範例。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見與認同。 2. 感謝委員建議。本研究已於後續研究補充說明軟體更新、相容性問題，及人員使用訓練等內容(請參閱研究報告書 P.100~P.103 及 P.160~P.162)。 3. 感謝委員建議。本研究已補充說明導入實際案例的單一樓層中成果(請參閱研究報告書 P.133~P.163)。
許哲銘	<ol style="list-style-type: none"> 1. 「營運」得否有效，涉實際消防設備有效與否，且可回饋「設計」與「裝置」階段，主意良好。 2. 本研究人員已對消防設備檢修申報有一全盤性了解與資料蒐集，但具有檢修申報之前提條件(如規劃設計、施工)，才能檢修申報工作，如果無法的話，在法規面有何建議，再加上開發之 BIM-based 系統，則會很好。 3. 本研究之最大賣點在預期成果，「系統雛形」以「滅火器」、「警報設備」為設計導用之內涵，應該可以實際套入場所資料就可以實際使用吧!而非只有論及 BIM 及檢修申報是什麼，另外如再加入「室內消防栓」(滅火系統)則更好。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員認同。 2. 感謝委員建議。本研究已補充於後續研究建議中(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。 3. 感謝委員建議。本研究已補充說明導入實際案例的單一樓層中成果(請參閱研究報告書 P.133~P.163)。
張尚文	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前建築師平面多採用 Autocad，3D 多採用 sketch up，也有部分事務所採用 Revit 建置 3D 模型，可進一步提供可相容軟體及價格資訊提供建築師參考，可期待在上游即完成建模。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議。本研究已於軟體選用中補充說明軟體成本與相容性問題，提供建築師參考，亦期待建築師能夠於規劃階段即開始導入 BIM 之應用(請參閱研究報告書，

		P.102~P.104 及 P.160~P.162)。
簡賢文	<ol style="list-style-type: none"> 1. 創新之推案。 2. 對 User 之付款是否低價及有效之功能檢討及說明，與本案能否推動息息相關，故請強化這方面之導引資訊。 3. 台灣消防界現實環境，是否可支持此一創新作法之實現，請再分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員認同。 2. 感謝委員建議。本研究已說明導入BIM之應用模式所需成本與效益(請參閱研究報告書 p160~p162)。 3. 感謝委員建議。本研究之研究對象為建築物管理權人與消防設備師(士)，因此已探討現實環境應用性問題(請參閱研究報告書 P.157)。
謝尚賢	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建築物消防安全管理之範圍頗大且廣，本研究以消防安全設備之檢修為重點，應屬洽當。 2. 本研究之重點應多放在「提出 BIM 於消防安全設備管理之應用模式」，可探討分析不同的應用模式可解與利弊得失，並應繼續深化對可行應用模式在各階段(如：準備階段、檢修階段、內業階段)之情境模擬分析，以提高導入 BIM 之說服力。至於在管理系統雛形之規劃建置方面，則建議將重點放在展示「技術之可行性」上即可，才不會耗費太多之資源於系統開發上。 3. 專家座談會中有許多不錯的建議，於期末報告中應有所回應並說明是否採納及辦理情形。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員認同。 2. 感謝委員建議。本研究已探討整體應用模式，並加強各階段之情境模擬分析(請參閱研究報告書 P.153~P.159)。 3. 感謝委員建議。本研究已補充專家學者座談會所提出之可行之建議(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。
陳建忠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前國內對此課題研究很多，但建築師或消防設備師甚少在使用，只有大型顧問公司應用，此案於未來市場面，請加以評估。 2. 管理權人很少會持有 BIM 軟體，可否由建築師或消防設備師執行服務時提供可攜式的檔案及必要的文件，以備供檢查、檢修人員使用。或由消防專業公會團體開發一公用軟體供會員使用專業機制，牽略的提到，亦請參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議。本研究已在結論建議中補充說明未來市場面之問題(請參閱研究報告書 P.160~P.162)。 2. 感謝委員建議。本研究已於研究中補充說明(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。

附錄四 期末審查意見與回覆

內政部建築研究所 100 年度協同研究案
「建築資訊模型(BIM)於建築物消防安全管理之應用」期末審查表

委員	審查意見	廠商回應
許文勝	1. 可否說明國內外的導入案例，並說明其建置成本以供參考？	1. 感謝委員建議。本研究已整理國內外相關應用研究與案例於研究報告書中(請參閱研究報告書 P.38~P.39)。
曾順正	1. BIM 應是未來在營建與後管理極為重要的模式，現以「消防檢修」先模擬結合之可行性為大眾所期待。 2. 在消防署於設計、竣工都有一套管理機制，另在北市、新北市與桃園縣也有另一套「檢修申報」機制，請團隊能深入了解。 3. BIM 所用之軟體能結合營建署、消防署...等各主管機關所用之管理軟體介面。 4. 消防設備之用語請依「設置標準」用語。	1. 感謝委員認同。 2. 感謝委員建議。本研究已針對委員所提縣市之檢修申報機制進行瞭解。 3. 感謝委員建議。本研究已補充內容提供後續研究參考(請參閱研究報告書 P.169~P.170)。 4. 感謝委員指正。本研究已依據委員意見修正於研究報告。
李萬利	1. 本研究針對 BIM 的內涵與現階段各領域的應用做了最詳盡的整理與研析，甚為可貴，尤其是研究確立消防設備資訊需求的模式。可謂為 BIM 導入建築物消防安全管理之研究先驅，也為 BIM 技術延展了一個極高價值的應用空間。 2. 本研究應屬基礎先導型研究且屆期末，僅就初步研讀報告心得建議後續研究參考： (1) 本研究於第四章闡述了編制作為消防安全設備管理系統使用之 BIM 模型的建置過程需求及建置流程。除了理出設備資訊需求外，如何編制可為消防安全設備管理系統適用之 BIM 模型，亦為本研究發展實用之關鍵。因	1. 感謝委員認同。 2. 感謝委員建議。本研究已補充內容提供後續研究參考(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。 3. 感謝委員指正。本研究已依據委員意見修正於研究報告。

	<p>此本研究第七章建議所提之後續「資料標準化」研究應延伸包含「消防安全 BIM 模型建置標準」。</p> <p>(2) BIM 具備空間、物件可視化與資訊連結的能力，本研究充分發揮了物件資訊連結的作用，而可視化可說已做到單向檢視操作之可行。後續研究仍可針對可視化之雙向檢視操作進行研究發展。即由物件連結回模型空間與由模型空間檢出待檢物件列表，如此應可提升檢查計畫安排之彈性與實務性。</p> <p>(3) 本研究先以不改變現行作業為基礎呈現了 BIM 導入消防安全設備管理應用之可行性。然今日之大環境正有許多即將改換人們居家生活工作環境的新科技，如火如荼的展開大放送，包括智慧化設備、手持式行動裝置、Wireless Sensor Network、寬頻網路...，如智慧綠建築之政策性推動，實可提供將來生活空間配置之大變革，消防設備之更智慧化即可管理化應該可以預期。因此，後續系列研究應可以更開創的角度配合智慧綠建築之系統性研擬新一代智慧化消防安全設備規格及管理系統架構。</p> <p>(4) 本研究以 BIM 模型以聚焦於消防安全維護及檢查階段之應用為主，如為充分應用必要建置的 BIM 模型，後續研究應可研究運用 BIM 模型進行建築物在消防事件情境下之各種性能分析，分</p>	
--	---	--

	<p>析資料可做為後續消防安全設備配置、檢查及狀況處理之運用。</p> <p>(5) 本研究對 BIM 模型及消防檢查資料庫之配置規劃採分開式，由於消防安全設備管理系統之運作需依賴 BIM 模型與資料庫之一致性 Consistency，分開存放有可能經過時間資料庫與模型會有不匹配之變化，後續研究應可針對 BIM 模型與資料庫維持一致性的做法進行研究。</p> <p>3. 錯別字及排版問題：</p> <p>(1) 部分上下階層排版之編碼重複</p> <p>(2) P23 L5 及 L9 專案個階段 應為 專案各階段 之誤</p> <p>(3) P25 L12 結構工程師可以乙數位化方式 應為 結構工程師可以數位化方式 之誤</p> <p>(4) P29 L2 國去幾年 應為 過去幾年 之誤</p> <p>(5) P29 L4 離 BIM 的效益未全部顯現 應為 離 BIM 的效益全部顯現 之誤</p> <p>(6) P54 L19 再透過內頁整理 應為 再透過內業整理 之誤</p> <p>(7) P68 L3 並從中分析每一各階段 應為 並從中分析每一個階段 之誤</p> <p>(8) P71 L4 必須有一個以建置完成 應為 必須有一個已建置完成 之誤</p>	
<p>郭榮欽</p>	<p>1. 本研究文獻蒐集詳盡，BIM 應用規劃脈絡清晰，尤其現況問題探討分三階段剖析。可惜未進一步歸納這些問題，並探討其癥結與初步研擬解決之道，再進一步以 BIM 應用來</p>	<p>1. 感謝委員建議。本研究已依據委員意見修正於研究報告(請參閱研究報告書 P.158~P.159)。</p> <p>2. 感謝委員建議。本研究已補充內容提供後續研究參考(請參閱</p>

	<p>呼應就更加了。</p> <p>2. 檢修作業可考慮 DWF 格式，因它可選擇性的將所需之視圖做轉檔，一則減輕檔案容量，一則維持原檔，viewer 又免費，檢修紀錄可直接註記在上面回傳留存為歷史資料或一併申報。</p> <p>3. BIM-based 的消防設備資料庫，將來可考慮 DBLink 的工具讓模型與資料庫保持雙向溝通，部分屬性資料將直接能觸動模型同步改變。</p>	<p>研究報告書 P.167~P.170)。</p> <p>3. 感謝委員建議。雙向溝通為資訊傳遞的重要功能，本研究已補充內容提供後續研究參考(請參閱研究報告書 P.167~P.170)。</p>
<p>謝奕國</p>	<p>1. 本案於研究過程包括專家會議及期中報告之專家建議相當寶貴，請研究團隊充分參考。</p> <p>2. 研究想法立意良好，但如何應用於實務上，仍應持續溝通並透過小規模試辦來強化其可行性。</p>	<p>1. 感謝委員建議。本研究已再次確認各專家與委員所提供之建議，並補充於研究報告中。</p> <p>2. 感謝委員建議。本研究已補充內容提供後續研究參考(請參閱研究報告書 P.168)。</p>
<p>陳子淳</p>	<p>1. 本研究之整體架構與內容完整清楚，研究主題亦具實務應用之助益。僅提供以下意見，期許研究成果報告更為嚴謹及完善：</p> <p>(1) 中文摘要宜再簡化，並加入英文摘要及 keywords。</p> <p>(2) 第三章與第四章前言部分所述及之各節內容，與後面各節不盡相符。</p> <p>(3) 第四章的標題建議修改，因為「BIM 模型建置」會讓人以為該章要重新建置完整的 BIM 模型，實際內容並非如此。</p> <p>(4) 仍有部分圖表未註明資料來源，即使是「本研究整理」亦應註明。</p> <p>(5) P66 第一行「表 4.8」似乎有誤，請再確認。</p>	<p>1. 感謝委員指正。本研究已依據委員意見修正於研究報告。</p>
<p>吳坤興</p>	<p>1. 每一設備項目是不同的壽命，應將生命週期考慮進去。</p>	<p>1. 感謝委員建議。本研究已補充內容提供後續研究參考(請參閱</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 2. 由於消防設備牽扯的層面許多，除只做系統外，應將系統介面做相關整合，P134 建築系統的分類不只三樣，應約略增加。 3. 系統的介面如何相容，所使用的軟體為如何，應為大眾都能使用。 4. BIM 應該背景式的保險，如金融保險，生命財產應該與金融聯繫，有此背景才会有吸引力。 	<p>研究報告書 P.135~P.136)。</p>
<p>陳建忠</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. LOD500 如果是供維護使用，依本研究成果來看，似乎是將維護、檢查表達導入，似非困難，但依 AIA 由 LOD100 開始，到 LOD400 已覺可供依之，則類推 LOD500 是否供機械構件設計使用，宜請查明。(抑或只是元件參數而非同型，但 LOD300、200 可用參數嗎?) 2. 有關新加坡 plan check，以 IFC 格式圖說，而以建築法規轉為系統程式，自動判斷是否符合法規結構，但以中、英文的語法鬆散，如何在軟體上的判斷，方法是甚麼，其他中英語系國家實務經驗如何？請提供較詳細資料(舉例而言，就「面前道路」在電腦系統上如何判斷？有時連人工都沒辦法判斷)。 3. 目前建築物已建築完成的需檢修者佔多數，是否可提供非全然以建築設計圖、施工圖、大樣圖方式製作，(以示意圖改可不可以)之作法。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議。本研究已補充蒐集與探討 LOD 相關資料(請參閱研究報告書 P.71~P.79)。 2. 感謝委員建議。新加坡政府所開發 PlanCheck 系統，其主要方法概念主要是在 IFC 的標準下，制定標準化的資訊需求，並將法規結構化與量化，透過系統自動分析模型中的標準化資訊，判斷是否符合法規要求，同時提供審題進度線上查詢服務。整體系統就現況而言仍處於發展階段，並未能夠完全地依靠電腦自動化審查，部分內容及無法量化之內容仍須由人工方式審查。 3. 感謝委員建議。以消防安全設備檢修作業而言，其設備位置必須符合建管處的建築圖，因此送審通過的竣工圖為最佳的 BIM 模型建置依據。若無建築物竣工圖則建議與建管處調用該建築物之圖說，作為模型建置之依據。

附錄五 專家座談會會議紀錄

專家座談會會議紀錄(一)

壹、開會時間：2011年6月16日(星期四)

貳、開會地點：台北科技大學土木系二樓會議室(台北市忠孝東路三段一號)

參、邀請專家：中華民國消防設備師公會全國聯合會高理事長士峯、前台北市消防設備師公會林理事長世昌、中央警察大學消防學系系主任鄧教授子正、警察專科學校消防安全科邱講師文豐、台灣歐特克公司土木建築解決方案技術經理唐經理清涓、大陸工程建築工程處建築專案部江副理志雲、歐亞電腦許工程師育碩、樹德科技大學運籌管理系黃助理教授隆昇

肆、出席人員：張副教授寬勇、林副教授祐正、劉副研究員青峰、高理事長士峯、林理事長世昌、鄧教授子正、邱講師文豐、唐經理清涓、江副理志雲、許工程師育碩、黃助理教授隆昇、蘇研究助理郁智、陳研究助理怡茹、徐雪芬、周信緯、陳彥貝、謝一銓

伍、紀錄人員：陳怡茹、周信緯、徐雪芬

陸、座談會議內容：

● 高理事長士峯

1. 文獻回顧的消防安全設施及設備相關法令部分，舊有建築物防火避難設施及消防安全設備改善辦法，已經改為原有合法建築物，其他較細的法條，如：各類場所消防安全設備檢修及申報作業基準不是在消防法施行細則內、各標示規格並不是在各類場所消防安全設備設置標準內，將這些法規全部列為個別單項列舉即可。
2. 此研究所提出之設置間隔分析模式中，由法規規定：設有滅火器之樓層，自樓面居室任一點至滅火器之步行距離在二十公尺以下，但是以畫圈的方式，會使人誤判為水平距離或直線距離，步行距離必須是要考量隔間，另外法規規定，兩個滅火器中間距離需為四十公尺，以這張圖表示，可能會解讀錯誤。
3. 建議下次可以設定幾個議題在簡報最後來討論。

● 邱講師文豐

1. 在設計一個營造的建築過程中，應該有包含消防設備相關的尺寸、材料、材質、規格，而本研究案的研究範圍，基本是在營運管理的部分，因此希望可以如以一個建築物為範例，能直接在模型中取得相關的資

訊。若是運用在消防安全上，其範疇不僅是消防設備，須包括建築的構造和室內裝修的耐燃材料的等級，因為與建築物原有的基本資料是很有關連性，希望透過這個研究計畫，能夠把建築相關需求的介面把它整合進來。

2. 由於本人是台灣建築中心的防火標章的審查委員，通常在審查的過程中，消防設備師(士)所檢修的報表中很少看到 2D 的圖面。若有圖面，卻很遺憾的都不照標準化來做，使很多梁柱之間、設備的尺寸並不清楚，僅僅只是個示意圖。個人認為希望藉由 BIM 的功能將尺寸與圖面結合，在報表中呈現出來，以及設備的統計數量與故障缺失的消防設備標示出來，透過輸入資料庫自動的算出結果，提供研究團隊參考。
3. 對於檢修申報書有一個很重要的關鍵，官方的執法人員，若是想了解設備的故障，需透過改善計畫書去查看。若未來改善計畫書可與雲端的結合，使官方的消防機構(消防局)可以馬上得知該棟建築有哪些設備需要改善，並在設備上賦予時間程序，要求這設備過期需在甚麼時候改，將之註記出來，因此就可以透過時間的控制觀念幫助管理。
4. 在執行處罰時，通常會將嚴重程度區分成輕度、中度、重度等等級，這是一個警示的作用，例如幫浦故障之嚴重程度是為重度等級，這時就需要警示的作用；反之，如果是標示燈或顯示燈泡發生故障，其嚴重程度為輕微等級。個人認為，管理權人需有義務去知道這些設備哪些是屬於比較嚴重的，使在編預算時能與老闆報告，在這一部分可以結合在其中。同樣的消防單位在抽複查的時候，發現這棟大樓內都是輕微違規，在抽複查就不需嚴格去要求；而至於某棟大樓內都是嚴重違規，執法人員應必須強制要求，並且定期去抽複查，抽複查結果回饋至 BIM 模型中。

● **鄧教授子正**

1. 在功能上面，BIM 對設備的管理是不間斷的，每一個流程與每一個階段所使用的功能效果需求是不太一樣，建議研究團隊設計的時候，對消防設備的管理流程，還有牽涉到每一個不同的使用者都需關照，讓整個系統架構在應用上更清楚、更加的了解，所以新建的場所跟使用中的場所我們在消防管理上，一定會有不一樣的需求。

2. 視覺化的問題，此研究過程基本上的視覺化大部分是使用虛擬為主，在消防設備檢查時，除非剛開始是審圖的部分，虛擬的這種空間對審圖有蠻大的幫助，它可幫助計算許多東西。但若是到使用場所，做檢查的時候跟現場的關聯性是非常的高，譬如：一個滅火器放置下去，不是只有一個二十公尺的問題而已，包括所放置場所有沒有被阻礙、遮蔽，或者有沒有其他問題等，這個可能都是現場所需要了解。當檢查時是合格的，可是在複查時會覺得檢查不實或其他原因，這些是無法從資訊系統上面看到，這可能就牽涉到視覺化這問題，我想提的問題就是視覺化是不是只有虛擬的，現場所拍的圖片，是否可在系統上面可以呈現。
3. 在整個資訊的設計裡面，除了所設計要符合法令的規定的東西之外，其實有一些負面因素在消防設備管理方面是非常重要的，舉個例子來講，探測器在設計時，場所屬性就非常重要，譬如多煙層場所不能設置類似此東西，有些負面因素，如不能太靠近樑與排煙口，這種負面因素在整個資訊系統上應可以特別考量。
4. 整個使用者的應用上面都會考慮到使用者的導向，此研究之系統使用者大概有三大項：檢修者、管理者及政府機關，這三方在使用上也有很大的差別，包括檢修申報的人員可能需要一些管線的資料，那對一個自主管理者可能不需這麼細的東西，只需有配置情況或是位置足夠，政府機關可能需要原始的檢查資料去對比，或者要更早的申請資料才知道申報有無問題。所以對不同使用者的資訊系統，可能是不太一樣。所以建議研究團隊也可以加以考量。

● **林前理事長世昌**

1. 在此研究所整理的檢修作業現況流程中，對流程之用語想與研究團隊建議，關於圖面之用語，如消防設備「維護」機構之用語建議更改為消防設備「檢修」機構，因實務上較常使用「檢修」而較少使用維護，建議將後面所提「維護」之詞更改為「檢修」這樣用語才會一致。
2. 在此研究所規劃的準備階段應用模式中，圖示中此架構是可行但並未交代資料庫將設置於何處，本人認為是否是使用雲端之技術，若是使用雲端建議對於此說明，對於未來在閱讀簡報時可較清楚了解。

3. 對於管理權人與 BIM 模型變成由管理權人來管理，本人支持此作法。一般設計業不管鋪地到建築平面設計，對於整個建築平面配置繪製都是建築師所主導，而建物之機電與消防部分都是必須根據建築平面置圖做相關設計，只有投資公司、建商或業主才有權利請建築師要求建置 BIM 模型。而 BIM 模型之所有權通常是建物所有權人擁有，最後變成管理委員會，所以本人支持 BIM 模式放置於建物管理權人。
4. BIM 從 2D 使用軟體建置成 3D，現在進入更深可做額外之應用如管理、報表產出等，既然權利於業主所以與 BIM 結合是對的，但本人發現了一些問題：
 - (1) 並非所有建物都有提供 BIM 模型，不知此計畫研究所提出之軟體花費是多少？
 - (2) 誰將 2D 圖面轉換成 BIM 模型？如何將圖審好之消防圖說是否有辦法直接轉成 BIM 模型，是否可與 BIM 元件做連結，而若 BIM 模型與消防設備連結後，此還是需有人工作業詳細核對。
 - (3) 3D 建置時會有裝置高度參數之問題一般 2D 不需考慮高度，高度就牽扯到法規，故建置 BIM 時需要有了解消防法規之人員。
 - (4) 當 BIM 模型建置好後若消防設備師士服務民眾勢必需要此軟體，且所使用之平板電腦也需要裝置這套軟體，軟體之價錢是個困難之處。
 - (5) 若所有圖檔都已蒐集也已建置 BIM 模型，但還是無法解決實際上老舊房子之圖說取得不易之問題，並非老舊建物就不申報，這是比較困難之問題。

● **江副理志雲**

1. 此研究所規劃的 BIM 於消防安全關係示意圖，明顯說明此計劃於 BIM 建置完後續之應用，且於設計規劃期間已將消防資料建置進去，於完工時做消防檢查將會移交資料，做後面申報及維修作業，倘若先前未建置資料，那消防檢查也無法做起且較為困難。
2. AutoCAD 不能視為 BIM 軟體，Revit 才能夠視為 BIM 軟體，BIM 之所以為 BIM 是因為包含許多資訊，是 AutoCAD 無法應付的，而以消防 MEP 部分據本人所知，Revit 這套軟體較多人使用。

3. 在此研究所規劃的準備階段應用模式中，本人提出一個建議，只要使用端不管使用何種軟體，只要進入公辦單位消防設備師於檢查作業時，本人認為不該使用軟體直接執行檢修設備與維護。因為使用軟體之價錢與維護量就不大可行，若購買軟體卻沒有用到軟體全部功能是否對於消防設備檢修人員的資源浪費，但若案子價位較高，才會有更多利益可使用 BIM 之昂貴軟體，倘若消防設備師之案子價格獲利沒有到達一定水準，且每年都需做維護，光是在可行性上即大打折扣。
4. 對於上述之要點，本人認為應透過介面平台將各方所建置完成的 BIM 模型轉換成標準資料。而消防設備師不管是用何種軟體建置 BIM 模型，都不會有影響，因為消防設備師取得標準資料，至於 BIM 軟體與標準檔案間如何交換是屬於軟體間之問題，消防設備師就是單一窗口，將資料下載後進行更新資料以及維護，如此介面就統一了。此軟體廠商開發問題就不大，不會因為軟體更新而有所改變。
5. 本人提出之雲端資料庫有點類似於 GIS，若不考慮圖形，將剛剛所提之設備做預警動作，簡單利用資料庫即可。但因樓層管理較困難，故希望加入圖示、可視化，而建物於設計規劃開始即建置 BIM 模型，連結此 BIM 模型導入後續消防設備檢修工作之應用。
6. 利用視覺化的方法呈現檢修狀況，可清楚明顯得知何處是需要更新，本人建議也可連結真實照片，可看出當時維修之真實情況，可信度將提升。消防設備檢修人員前往做維修與維護後，將真實情況拍下後連結模型，此照片即有 XYZ 座標，下次檢修者可於線上檢視上次更新狀況，藉由虛擬空間引導消防設備檢修人員去下載資料，並且利用顏色來表示消防設備之狀態，讓檢視人員可清楚得知狀況，並產出報表得知各個設備之狀態，並可直接引導至此空間，消防設備檢修人員持平板電腦就可直接得知此空間狀況，對於操作或是執行作業較為方便，對於檢修人員只需取得或是更新資料，並不需要去更改模型，且本人認為消防設備師不該做更改模型之動作。
7. 對於消防檢查建立標準化，需考慮欄位內需填何種項目，故規定消防設備檢修人員需有某些資訊才可進入此資料庫，那麼是否應該是政府與研究團隊建立標準元件，並將標準元件提供給 BIM 相關軟體，當上傳資料時就會滿足表格之資料需求，而將有某單位負責監控檢查，若符合條

件即將資料輸入至資料庫中，而消防設備檢修人員輸入合格之資訊，即可輸出定期更新之欄位或是更新欄位等，以達到維護工作。如此使用起來才不至於在軟體上花費許多金錢，因為此介面不需做營造廠或是設計師建置 BIM 模型的工作。

8. 對於 BIM 是由誰建置之問題，管理權人的確是物管公司，當建物完成時管理權人會委託物管公司管理建物，當然物管公司是絕對不會建置 BIM 模型的，那麼另一方面對於消防設備檢修人員如果要請他去學習建置 BIM 模型技術，本人認為是有所困難。
9. 本人也提出一個疑問，如果建築隔間改變將由誰更新 BIM 模型？這也牽扯到使用執照平面圖，因為消防設備資料與其平面圖非常有關連，如果使照平面圖與消防設備檢修人員實地勘查不符合，即造成介面問題，建議此計畫可先將研究範圍界定清楚，以此基礎研究，若此假設條件成立後再投入研究，將不定因素先確定，否則計畫可能無法順利進行。
10. 將模型設置權限，且建置標準元件，並對於建置之元件需做兩次檢查，而元件須符合相關之法規，並將元件與法規做相關整合之動作。讓各界面依照元件而匯入資料，對模型之流通會更好，且對於元件之軟體商是有益的，因對於智慧財產權的保護，建置者可不用提供自己所建置之完整 BIM 模型，利用介面軟體轉換成政府之標準元件。
11. 另外補充 BIM 有數位建築在消防就在能有所幫助，當火災發生時可調出相關資料讓救災人員清楚裡面相關資料，調派適合的車輛，不是只有執照圖可參考。

● **黃教授隆昇**

1. 計畫之範圍須界定清楚以便後續研究之進行。
2. 針對此計劃可提出相關案例，而案例之選用也須做相關敘述，因新建物與舊建物之法律規定是不同的。
3. 對於此系統使用者不同其效益也不相同，但現階段計畫中還未提出是給何人使用，希望可說明。
4. 而本研究之範圍牽扯建築物之全部範圍，對於其範圍應做基本之界定。

● **許工程師育碩**

1. 期中簡報有些部分建議做個修改，如簡報中提到檢修報告需保留五年紙

本資料容易遺失，但流程中又有提到檢修報告後會做資料庫建立之動作，既然有電子資料產生代表能解決紙本資料遺失問題，建議將其修正。

2. 在導入模式建立中，消防設備師(士)可計算設備數量等運用 BIM，可以多加詳述如何應用。同時當消防設備師(士)只需要檢視模型或需要擷取內部資料其兩種情況不同，模式也會不同，建議可以分開說明。
3. 在軟體成本考量方面，其建議先將計畫釐清在維護階段時是否需要修改模型或是只需要一般檢視模型的動作。修改模型需要 BIM 軟體，需要耗費一定成本；單純檢視模型則有許多支援 IFC 共通格式之免費檢閱器提供，即可解決成本上之問題。另外在簡報中提到計畫在比較導入 BIM 前後差別，建議可加入成本上的差異。同一頁中導入 BIM 前後比較表用字上也必須注意比較表中字詞是否有相對關係，以免不同人在認知上會有差異。
4. 模型可以連結現場實際圖片，讓使用者更瞭解現場狀況，彌補在模型中無法標示的部分。
5. 此研究有許多不錯的地方，其一是可以建置消防滅火相關元件補齊 BIM 軟體消防元件不齊的問題；其二是消防設備師(士)檢修完畢後上傳到資料庫有再次確認的機制，以免模型遭到蓄意或是不小心修改。

● 唐經理清涓

1. 本計畫主要分為兩面向來看，一個是建置流程，另外是應用系統。流程建立其中要考慮許多法規及既有之流程；應用系統要考慮到使用者的需求，必須符合使用者之需求。這是一個很大的案子有很多想法，也是一個有實質的想法，其建議要收斂部分你的想法，是可以在兩面向中做取捨的。假如想做流程就已流程為出發點提出一個流程建議；假如是想做一個系統，欲做好全部消防安全檢修設備資料，即可假設資料是有的，但前提是架設不能脫離現實，此將對計畫有所幫助。
2. 另外剛剛有許多人提到軟體成本方面的問題，其給一個建議是不一定是只用 Revit 一個軟體，其實我察覺計畫和消防的檢修報表很有關係，可用 Navisworks 軟體互相搭配。Revit 可能在平板電腦運行上較吃力，運用在現場狀況將不甚理想。建議將兩種軟體互相搭配並開發較輕量、所吃資源較少的系統，系統越簡單乾淨、正確、所吃資源較少，易被使用

者接受運用於現場惡劣環境中。

● **劉副研究員青峰**

1. 首先謝謝各位專家學者參與今天會議。本所對 BIM 有些想法在，希望以此案作為一個起始，把 BIM 引到消防救災方面來，幫助救災人員瞭解狀況，知道消防設備的基本情況可當做消防的資料運用。也希望能在設計階段納入消防，在模擬時能更精準、真實。建模成本高，希望本計劃考慮建模完成後是否有更多應用，讓大家願意使用 BIM，也讓政府機關願意投入資源建立標準元件。

散會。

專家座談會會議紀錄(二)

壹、開會時間：2011 年 10 月 03 日(星期一)

貳、開會地點：內政部建築研究所 13F 簡報室

(新北市新店區北新路 3 段 200 號、大坪林捷運站共構)

參、邀請專家：警察專科學校消防安全科邱助理教授晨璋、消防署馮主秘俊益、臺北縣消防設備師公會邱理事長治國、國立臺灣大學資訊模擬與管理研究 BIM 中心郭執行長榮欽、高雄應用科技大學土木工程系吳助理教授翌禎、歐亞電腦許經理規泰、康寧大學資產管理與城市規劃學系陳助理教授怡兆、清雲科技大學物業經營與管理系蕭系主任良豪

肆、出席人員：陳組長建忠、張副教授寬勇、林副教授祐正、劉副研究員青峰、馮主秘俊益、邱理事長治國、郭執行長榮欽、吳助理教授翌禎、許經理規泰、陳助理教授怡兆、蘇研究助理郁智、陳研究助理怡茹、陳彥貝

伍、紀錄人員：陳怡茹

陸、座談會議內容：

● 陳助理教授怡兆

1. 建議進一步在這個消防設備檢修系統中，說明為何選擇滅火器，將架構做一個釐清，會使整個研究更完整。
2. 由於此研究是在建物完成後，再由管理權人及消防設備師(士)應用，是否說明 BIM 模型的建置是由誰定位。
3. BIM 模型是否能普遍的到各層面做應用。如：目前是針對滅火器此原件來做分析與檢核，它內部之資訊架構有無標準的屬性平台能與 IFC 一些架構整合，以及哪些是屬於額外擴充。
4. 若是使用者不是使用 REVIT 此軟體，該如何去克服，雖然消防設備的基本屬性都有，可否說明是在 REVIT 平台建構的，還是需到消防設備維護系統來做建構，如：資料是如何輸入，或許可以再明確的在資料建構上補充說明。
5. 建議說明各設備內容是否與空間屬性具關聯性，並且與既有的法規有無相抵觸。

● 吳助理教授翌禎

1. 目前的系統規劃是以點選物件後再做檢查，可能會降低效率，或許可透

過總表來表示建築物內有多少設備需檢查，當檢查後將會產生統計表表示已檢查與尚未檢查的設備數量，可能會比較方便。

2. 由於指標性的消防設備跟建築物不同規模會有不一，建議可對建築物做初步的分類，以了解不同規模的建築物之指標性設備有哪些，以及必須要建置的相關檢查項目有哪些。
3. 針對程式上的建議，由於消防設備師(士)並不了解 REVIT 之圖元編號，因此圖元 ID 是否能與設備本身的 ID 做連結，以替使用者操作上方便。
4. 由於 BIM 模型在規劃設計施工已建置，但通常很少建到消防設備，因此需定義是由誰來建置，另外若設備增添置建築物中，此 BIM 模型該如何更新。
5. 本研究相當有意義，建議除了使用 REVIT 軟體，可將如何建置此套系統與流程的方法加入，讓未來想去建置此系統的單位可遵循這樣的方法與流程，將此系統建置起來。

● **郭執行長榮欽**

1. 由於各國家對 LOD 基本定義各有不一，建議將 LOD 做統一的解釋。
2. 針對房間計畫的規劃，通常消防設計在設計階段就需完整的交代，因此房間計畫在設計階段就很重要，所以此系統大概在設計階段的時候就應逐漸建立好，再交給業主(管理權人)，因此個人認為此房間計畫的功能可能比較適合在設計階段所使用，另外消防設備在竣工的時候，由於申請使用執照相當麻煩，透過消防單位的核准前，所有東西與文件都需具備，包括背後的屬性資料都要建好。
3. 建議消防設備不要只單純使用滅火器，因為各設備背後的屬性皆不同，如：警報設備。代表性的選擇兩種以上來比較，也能看出在控管時的考量。
4. 若使用者不是使用 REVIT 平台是為一問題，建議將資料的屬性與標準性提煉出來，並針對消防設備的特色與共享性明確的分析，對於後續研究將更有幫助。
5. 建議可向國家的申報單位要資料庫的欄位，來統一資料庫結合、調整與對應，反應至期末報告中，是非常有價值的

● **許經理規泰**

1. 以 3D 做一個索引將後端的資料結合，在目前的開發應用其實還蠻多的，因此個人覺得這個方向是可行的。不過使用商業軟體在資料延續性會有比較大的問題，不同年代的版本讀出來也許會有不同，至於消防的資料，其資料延續性可能需延續到整個建築物生命週期結束，而資料如何使之延續可以使用，是一個值得思考的問題。若是以中間的格式不套商業軟體的話，如 XML、IFC 的格式，都是一個可以選擇的，以 LOD 200 為例，在 IFC、XML 中則相當夠用，雖不像電子、機械產品的 IGS 或 STP 格式在幾何描述很詳細，但在以消防設備的管理上，個人認為則是夠用的，因此以 3D 來當一個索引，讓使用者去使用，透過此檢視軟體要如何去做是可以研究的方向。
2. 由於目前定義使用此系統的人為消防設備師(士)並不是專業的繪圖人員，在使用專業的繪圖軟體跟複雜的介面也許沒辦法接受，或許可使用 web-based 的方式或是特殊整理過的介面，利用 API 去開發將介面簡化到讓使用者使用的介面項目即可。
3. 建議若是要將 BIM 模型應用到各個層面去，則軟體資料庫正規化部分要做好，因為若做得不理想，未來要拆則是麻煩的問題。

● **邱理事長治國**

1. 由於現在定義此平台是由業主來提供，至於如何誘使業主來提供這個平台，可能是真正要使用此平台須面對的問題。
2. 此消防設備管理強調在檢修申報，從系統中可看到產出的報表，但在做檢修申報的制度上，除了報表以外還會有改善計畫，建議將改善計畫能夠同步的產出，另外則是需改善的設備與位置平面圖，這部份是需要檢修申報的時候呈現出來。
3. 關於設備編號的部分，目前是以圖元編號為主，除了在報表可看出編號外，另外建議在產出的平面圖上，也能表示出故障設備的編號。
4. 此研究是以視覺化顏色來呈現設備的狀況，但若給予業主之報表並不是彩印則會無法表示出來，建議也可用符號、打圈或打叉的方式表達，做一些輔助的呈現。
5. 目前之管理系統能產出報表再轉換成申報資料給地方主管機關，就目前現況是用網路申報的動作，當書面完成後，用電子憑證的方式從網路端

輸入進去做電子申報，建議能夠將 BIM 與消防局內的機關來做連結，以大幅降低如二次輸入的錯誤，因為雖產出正確報表，但輸入至消防局的網路上容易造成建檔輸錯，包括電子簽章部份是否能夠有個連結的方式。

6. 個人認為小規模推此案子可能會有障礙，建議可選擇較複雜大規模的場所，如：101 大樓，並提出建議，讓後續的主管機關在法案上有推動的參考。

● **馮主秘俊益**

1. 在現場使用的操作人員為消防設備師(士)，而他們的特性是較著重在硬體上的維護、檢查人，並不像一般資訊的專業人員，所以當在使用平板電腦填入資訊時，建議在操作的便利性上越簡便讓使用者接受的程度越高其成功的機率會比較高。
2. 消防設備不合格應包括損壞、損失與設備的位置，根據建築物的使用執照圖說可顯示出它的數量與位置，因此最後再來講究設備的功能，建議透過所提到的房間計畫，在設計之初依照法令的規定判定消防設備位置(防護距離與半徑)、數量。此案子是從既成的建築物探討模型的應用，注意不應是與現場吻合，還需去對照使用執照的核准圖，才能合格的判定現場的消防設備位置是否遵循法令。
3. 關於指標性的建築物在消防內或許比較困難，一般所說的公共用使用建築物如：公共場所、八大行業，或是六層樓以上住宅，一般住宅來講，基本認知為七層樓，在法定六層樓以下是沒有電梯的，除非是自己設。因此我建議可分為簡易型建築(沒有消防栓，只有出口燈、照明、滅火器)，另外以有室內消防栓、灑水設備為一個類型，以設備為區分。但是一般來講除了比較大型的商場或百貨公司以外，超過 11 層以上的建築物基本上來講才會有灑水設備。大概消防上有這樣一個分法。
4. 最終的申報部分，目前政府規畫是以自然人憑證設一個安全把關才能進來申報，若是可以節省重新再填的記錄會是最好的方法，
5. 建議可以透過單一業主，或是屬於有一定規模如：國內國泰、新光單一企業，以管理權人提供一般大樓或是住宅，否則一般民眾除非政府要求並不會花這筆費用，但由一個本身擁有自己物產、企業來管理大樓，在

總部就可以來掌握各地建築物消防安全設備的管理的狀況，或許找單一企業接受程度會比較高，建議可於後續階段來研究，以管理權人的立場，做個推廣示範並發表意見和使用心得，再來回饋第二階段的推廣計畫，做一個修正的依據，這樣逐步展開，我們也很樂觀這樣的模型在我們消防設備的管理再擴大的應用與研究。

● **蕭系主任良豪**

針對系統的建議，以下幾點可作為後續研究之參考：

1. 本研究所選用之滅火器，應針對其擺放位置檢查是否符合法規要求。
2. 消防設備位置與空間標準做結合。
3. 消防設備位置是否符合逃生動線。
4. 主動提醒消防設備是否過期或故障。

散會。

附錄六 專家訪談紀錄

專家訪談紀錄(一)

壹、開會時間：2011年5月19日(星期四)

貳、訪談專家：中華民國消防設備師公會全國聯合會榮譽理事長
高士峯 博士

參、開會地點：弘昌消防工程顧問股份有限公司

肆、出席人員：高士峯博士、陳怡茹、蘇郁智、徐雪芬、周信璋

伍、紀錄人員：徐雪芬

陸、訪談內容：

1. 此研究所整理的檢修作業流程符合現況，但是一般使用上多了一個「消防隊的複查」，且檢查完後並不會馬上依合約付款，通常等消防隊做完複查動作後才進行付款，所以當報告書交給業主後，可能會有個後續「消防隊復查」的動作，這個複查會影響到業主對消防設備師(士)的付款，或是業者是否有設備需再改善。另外在建檔時，可建立消防隊做復查的資料，可供業主作為參考，使歷史資料也更為完善。
2. 實際進行檢修作業時，並不會針對每個設備種類在那天做維護，根據現況，會依照整棟建築物的樓層數，先把主系統做完(如：受信總機、幫浦)，再由樓上往下做，分層樓做，並不是根據設備的種類，但若是較大型的建築：如美術館，便會由特定的時間檢測某些消防設備種類，否則便是根據樓層做順序檢驗。
3. 若要以 BIM 導入消防設備檢修作業，第一階段建議可以做主要消防核心系統方面的應用，像幫浦系統的室內消防栓幫浦、灑水幫浦、泡沫幫浦、採水幫浦、受信總機、廣播主機、排煙機等系統，檢查主要消防系統功能正不正常，若主要核心檢查通過，其他滅火設備倒是小細節問題；再來可以導入警報系統的應用，因為火災發生時警報系統是優先讓大樓內人員知道應該要逃生的警告設備，作為第一時間疏散之廣播工具導入有其必要性。不建議做滅火器、照明、排煙探測器等太細節設備導入，通常滅火器都為同一批時間進場，消防設備師有足夠之經驗能馬上斷定哪些滅火器有問題，再者排煙探測器等設備故障機率也不高。假若以滅火器、

照明、排煙探測器導入設備檢修，一棟大樓有一千多個甚至一萬個設備，執行檢修和資料庫建立反而有其困難度。

4. 以消防設備師的角度而言，最想於 BIM 模型中取得的資訊第一為建築物病歷表(歷史檢修資料)，病歷表能使檢修人員一開始到檢修地點即可馬上得知大樓消防系統之前所有的缺失或完善的項目；再來是消防隊複查前或下次來檢查時可以很清楚知道檢修項目的位置等地理資訊，最後是此系統可以交由政府單位，當緊急事故發生時，消防隊員在救災時可以很快速的瞭解現場以掌控狀況。
5. 在此研究所規劃的應用模式中，檢修時程之部分可能有些許問題。若以探測器為例，檢查探測器的行程可以一層為單位做規劃，透過調查檢修人員對於探測器的檢驗通常需要多少時間，整棟大樓總共有多少個探測器需要調配多少人力，其中至少一人檢查總機，以上即可規劃出行程。而對於檢修相關資料包括許多的檢查表，如火警自動警報設備的檢查表...等，所以應以檢查表之項目作為規劃基礎，使本研究案中所輸入東西能夠與檢查表相對應。
6. 計劃書中有提到防火避難設施跟安全設備，防火避難設備現今已有十項，建議可將防火避難設施與安全設備作為後續之研究，例如像是安全梯位置、防火門位置、設備類包括避雷針位置、空調包括防火閘門位置，包括隔間耐燃材料，可運用在防火避難設施與設備，將「建築物公共安全檢修」以防火避難設施跟安全設備為主作為後續之研究。

散會。

專家訪談紀錄(二)

壹、開會時間：2011年7月13日(星期三)

貳、訪談專家：新北市政府消防局 第三救災救護大隊 大隊長 程昌興

參、開會地點：新北市政府消防局 第三救災救護大隊部

肆、出席人員：程昌興大隊長、蘇郁智、陳怡茹

伍、記錄人員：陳怡茹

陸、訪談內容：

1. 消防檢修現況流程有何不完整？

目前消防檢修主要是以個人執業的消防設備師，並不是單獨由消防安全的檢修專業機構檢修，但是十五樓以上的高層建築物才是委託消防安全設備檢修專業機構，因此在流程圖的部分應該分兩條路出來，一部分是個人職業的消防設備師(士)，另一部分則是消防安全設備檢修的專業機構，若再詳細細分目前檢修申報的人員，有五種職業可以執行：1.消防設備師 2.消防設備士 3.消防安全設備檢修專業機構 4.暫行職業的消防設備士 5.擁有勞委會技術士證照的人員，此五種人為目前現況可做檢修申報之人員。由於此研究必須由管理權人花錢將 BIM 建置好，但是並無管理權人願意花這些費用，因為管理權人是為了滿足消防申報法令的規定而去檢修，目前之檢修方法已能符合消防機關的需求，若再多花一筆費用建置 BIM 以滿足檢修之需求，除了得到原本即可到的檢修申報需求和監控消防安全設備的檢修狀況，對於管理權人並無意義，因為並無管理權人願意只為了監控而去多花一筆費用。若是建築物已有建置 BIM 並上了軌道，在花費的方面則比較小，但既有的建築物若是沒有建置，則必須重新新建，針對其建築物的面積、大小與樓層，量體越大，所花的費用則越高。因此我建議分兩個模式，分別是此 BIM 模式與另一種「GOOGLE 街景車」，利用「GOOGLE 街景車」這一套設備結果產出如 GOOGLE 的 3D 街景，只需花費較少時間將大樓走完即可將消防設備定位，用最省的方式使既有建築物願意花小錢就能達到 BIM 之功能，因此我建議可以透過這兩種方式。

2. 設備選用目前只選滅火器，是否有其他建議，或選用甚麼設備做為研究的主軸？

建議選用火警警報設備，因為至少它是一個系統的東西，不要只單

純選用滅火器，放比較系統的東西比較具有代表性，將火警警報設備視為滅火器，並不會對於 BIM 的技術面增加任何困難，花的工一樣，但是出來的結果會不一樣；若是選用灑水設備則會比較複雜，因為會涉及到其涵蓋距離。消防設備設置的依據是由各類場所消防設備設置標準與建築技術規則的規範，透過軟體的設計，將法令資料庫建立，即可輸入如面積項目來得知需放置多少消防設備，但是此法令在經過一段時間都會做修正，表示其版本許多，因此當我們建築物設置消防設備時必須依據它的建造執造來決定是適用哪一年的版本，所以要特別注意版本的問題，需以建築物建造申請的時期的版本為準。至於解釋令的部分，消防設備與建築技術規則皆有解釋令，由於只是一個標準，且標準的位階不高，所以是透過很多行政命令的方式做修正，各類場所消防安全設備設置標準的解釋令可能遠多於各類場所消防安全設備設置標準裡面所列的條文，代表其解釋令一堆，是由於當初定的標準不好，隨著時代的變更不得不去修正，因此在法令的部分必須注意這問題。

3. 消防安全設備檢修系統功能是否有其他建議？

由於本研究是在滿足檢修申報與使管理權人了解進度，但檢修申報進度並不重要，應該鎖定在重要的區塊。從民國 87 年執行檢修申報到現在，將近 13、14 年的時間，事實上出了嚴重的問題，因為檢修申報有法令規定並強制實施有罰則，使民眾不得不做，但是做了許多年，檢修申報已經碰到一個嚴重的瓶頸，變成應付式的檢修申報，當時間一到則花錢請消防設備師來做檢修，有缺失部份為了避免被開罰單則請人來維修使複查合格，當今年的解決後，過了一年再重複同樣工作，成為消防設備的最大問題，它必須長時間去關心，但現行制度使我們消防設備將近一年時間都沒有維護它。我舉個例子：一台轎車停放在地下室一年沒開，但某天心血來潮去開，卻因遙控器沒電花了 30 元將電池換好，可是汽車電瓶也壞了，花了四、五千元換好後，又發現輪胎沒氣，修好後以為可駕駛卻又因缸壁氧化和噴嘴氧化堵死不能發動，花了一大筆錢修理。現在檢修申報所面臨的問題，也是由於一年消防設備沒維護它，使得當每一年檢修申報完後，都必須花十幾萬在修理，當去年修完後，隔年又壞了，所修理的費用遠高於每個月定期維護保養，若是每個月都有請水電師或消防設備師(士)測試消防設備，不用花多少時間即可使消

防設備二十四小時隨時堪用，但是現在檢修申報制度，卻是破壞掉整棟大樓的消防設備，使得在救災時，消防設備卻不能使用且故障，所以個人覺得不要鎖定在檢修申報，應該在每月的定期保養，因為定期保養相當重要，管理權人關心的是甚麼消防設備壞掉、需花多少錢，並不是請消防設備師(士)完成檢修申報關心其進度，應該將 BIM 定位在每個月的維護保養，當然也可與檢修申報為一體，從剛剛舉例的轎車例子即很清楚的說明維護保養的重要，反而不應在檢修申報，因為定位在維護管理也較切合實際，較能使管理權人有意願去做這件事，並實質的省下許多費用。

4. 以消防局立場，對於 BIM 是否有其他的應用建議

對於 BIM 完成後，站在消防人員或管理機關的立場，可幫助消防設備的檢查與複查作業，並能節省時間與人力，只須上網去下載此場所的 BIM 模型，便可於現場核對其設備數量，並輸入其檢修結果，最後簽名負責，改善了現在傳統檢察、複查作業方式無法快速了解消防設備的位置，造成效果與效率不彰。因此建議此套系統能從建築物管理新建時則開始使用，第二個則是後續管理的角度，並建議修正消防法，強制管理權人將此套系統建立，使每月的維護管理、每半年或一年的檢修申報與消防人員的檢複查作業方便有效率，也保障了建築物、管理權人的安全，將之立法，使用者應該付費，將誰建立模型的問題也解決了。另外由於每棟建築在每年檢修申報後多花費用修理設備不計其數，因此將此系統導入維護管理，每個月強制檢查，不僅幫業主省下許多費用也達到消防設備隨時堪用的效果。

5. 消防局在檢修申報的作業中所扮演的角色

檢修申報有兩個目的，第一個就是使消防設備良好堪用，第二則是幫花錢檢修申報的民眾把關，讓消防設備師(士)能實際的檢察，根據消防法第三十八條規定消防設備師(士)不實檢修將處二萬以上到十萬以下罰鍰即是替民眾把關，管理權人花錢要得到效果，這是我們主要的功能，若能透過 BIM 功能與其理論，將之能實務化，對於消防人員的檢查跟複查即能更加準確，所以消防局就是扮演複查的角色，另外對於平日也該執行抽查，使更能落實不會只看到片面。

散會。

參考文獻

- [1] 劉聰熙、謝定亞，BIM 世代的營建管理，土木水利，第 37 卷，第 5 期，2010。
- [2] <http://www.pacificad.com/industry/architecture/default-BIM.asp>，PACIFICAD 網站，2010-03。
- [3] 唐清涓，建築資訊模型(BIM)於整合營建資訊技術之應用，國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所碩士論文，宜蘭，2008。
- [4] 趙紅紅，信息化建築設計-Autodesk Revit，北京：中國建築工業出版社，2005。
- [5] Arno Schlueter and Frank Thesseling, "Building Information Model Based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages", Automation in Construction, vol. 18, Issue 2, 2009, pp.153-163.
- [6] 郭榮欽、謝尚賢，BIM 概觀與國內推行策略，土木水利，第 37 卷，第 5 期，2010。
- [7] 李宜謙，建築資訊模型(BIM)應用於物業管理之研究—以設備維護管理為例，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士論文，2010。
- [8] 林熙聖，BIM 建築資訊模式應用於估算作業之研究—以房屋結構為例，國立交通大學工學院碩士在職專班工程技術與管理組碩士論文，2010。
- [9] 何松柏，以 BIM 與代理者技術實現營建協同設計審查之研究，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2010。
- [10] 裴騰兆，應用 BIM 與專案導向 ERP 技術於建築設施維護管理，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2010。
- [11] 陳建佑，建築資訊模型(BIM)於工程數量計算差異之研究-以建築工程鋼筋作業項目為例，國立中央大學營建管理研究所碩士論文，2010。
- [12] 莊坤霖，以營建專案 BIM 模型為基礎之施工管理模式，國立臺灣科技大學營建工程研究所碩士論文，2010。

- [13] 林昭彧修，建築資訊模型(BIM)應用於地下捷運站設計階段界面整合之研究，中國科技大學建築研究所碩士論文，2010。
- [14] 王奇笙，以BIM為基礎建構裝潢工程元件之規則研究，國立成功大學土木工程學系碩士論文，2009。
- [15] 江孟哲，IFC 建築資訊應用於勞工安全模型建構，國立交通大學土木工程系所碩士論文，2009。
- [16] 李冠文，建構符合機電包商施工需求之 3D 繪圖元件模型之研究，國立成功大學土木工程學系碩士論文，2008。
- [17] 樊啟勇，IFC 資料標準之結構物資訊擷取與建立，國立交通大學土木工程系所碩士論文，2007。
- [18] 周承禹，應用 IFC 於規範自動審查系統-RC 柱構件之研究，國立交通大學土木工程系所碩士論文，2008。
- [19] 鄧挺發，建築專案設計圖整合系統之初步研究，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，2008。
- [20] 沈秉廷，運用物件導向技術於 IFC 建築資訊，國立交通大學土木工程系所碩士論文，2008。
- [21] Leite Fernanda, “Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models”, Automation in Construction, Article in Press, Corrected Proof, Available online 21 December 2010.
- [22] Pingbo Tang, “Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques”, Automation in Construction, Volume 19, Issue 7, 2010, p829-843.
- [23] Salman Azhar, “Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis”, Automation in Construction, Article in Press, Corrected Article in Press, Corrected Proof, Available online 16 November 2010.
- [24] Youngsoo Jung, “Building information modeling (BIM) framework for practical implementation”, Automation in Construction, Article in Press, Corrected Proof, Available online 30 October 2010.

- [25] Arno Schlueter, "Building information model based energy/energy performance assessment in early design stages", *Automation in Construction*, Volume 18, Issue 2009, p153-163.
- [26] Nenad Čuš Babič, "Integrating resource production and construction using BIM", *Automation in Construction*, Volume 19, Issue 5, 2010, p539-543。
- [27] Rafael Sacks, "Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction", *Automation in Construction*, Volume 19, Issue 5, 2010, p641-655.
- [28] Rafael Sacks, "The Rosewood experiment — Building information modeling and interoperability for architectural precast facades", *Automation in Construction*, Volume 19, Issue 4, 2009, p419-432.
- [29] Vladimir Popov, "The use of a virtual building design and construction model for developing an effective project concept in 5D environment", *Automation in Construction*, Volume 19, Issue 3, 2009, p357-367.
- [30] Y.-S. Jeong, "Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete", *Automation in Construction*, Volume 18, Issue 4, 2008, p469-484.
- [31] James D. Goedert, "Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling", *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 134, Issue 7, 2008, p509-516.
- [32] Rafael Sacks, "Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice", *Automation in Construction*, Volume 17, Issue 4, 2007, p439-449。
- [33] Changfeng Fu, "IFC model viewer to support nD model application", *Automation in Construction*, Volume 15, Issue 2, 2006, p178-185。
- [34] 蔡志偉, IFC 建築資訊內容應用於結構分析資料擷取, 國立交通大學土木工程系所碩士論文, 2007。
- [35] 陳昭惠、蘇瑞育、盧祥偉, 淺談BIM於營建工程分階段之實務推動與應用, *土木工程水利*, 第37卷, 第5期, 2010。

- [36] Kenny T.C. Tse, Andy K.D. Wong and Francis K.W. Wong, "Modeling Objects and Interfaces in Building Information Modeling", *2005 ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering*, Cancun, Mexico, 2005.
- [37] Ghang Lee, Rafael Sacks, Charles M. Eastman, "Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system", *Automation in Construction*, vol. 15, Issue 6, 2006, pp.758-776.
- [38] Weihua Mao, Yimin Zhu, Irtishad Ahmad, "Applying metadata models to unstructured content of construction documents: A view-based approach", *Automation in Construction*, vol. 16, Issue 2, 2007, pp.242-252.
- [39] Dirk Donath and Torsten Thurow, "Integrated architectural surveying and planning Methods and tools for recording and adjusting building survey data", *Automation in Construction*, vol. 16, Issue 1, 2007, pp.19-27.
- [40] Sarah Berwald, "From CAD to BIM: The Experience of Architectural Education with Building Information Modeling", *AEI 2008: Building Integration Solutions*, Denver, Colorado, 2008.
- [41] Renaud Vanlande, Christophe Nicolle, Christophe Cruz, "IFC and building lifecycle management", *Automation in Construction*, vol. 18, Issue 1, 2008, pp.70-78.
- [42] Heng Li, Ting Huang, C.W. Kong, H.L. Guo, Andrew Baldwin, Neo Chan and Johnny Wong, "Integrating design and construction through virtual prototyping", *Automation in Construction*, vol. 17, Issue 8, 2008, pp.917-922.
- [43] Thomas M. Korman, Lonny Simonian, and Elbert Speidel, "Using Building Information Modeling to Improve the Mechanical, Electrical, and Plumbing Coordination Process for Buildings", *AEI 2008: Building Integration Solutions*, Denver, Colorado, 2008.
- [44] Bilal Succar, "Building information modelling framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders", *Automation in Construction*, vol. 18, Issue 3, 2009, pp.357-375.

- [45] Jason Charalambides, "Improving Energy Efficiency in Building through Automated Computer Design Process", *Building a Sustainable Future*, Seattle, Washington, 2009.
- [46] Pooyan Aslani, F. H. (Bud) Griffis and Lawrence Chiarelli, "Building Information Model: The Role and Need of the Constructors", *Building a Sustainable Future*, Seattle, Washington, 2009.
- [47] Alan D. Russell, Chao-Ying Chiu and Tanaya Korde, "Visual Representation of Construction Management Data", *Automation in Construction, In Press, Corrected Proof*, Available online 12 June 2009.
- [48] Chung-Wei Feng, Yi-Jao Chen and Jiun-Ru Huang, "Using The MD CAD Model to Develop The Time–Cost Integrated Schedule for Construction Projects", *Automation in Construction*, vol. 19, Issue 3, 2010, pp.347-356.
- [49] <http://www.bsria.co.uk/news/bim-activities/>，BSRIA 組織網站，2009-10。
- [50] 賴聰穎，建築物消防安全設備維護管理品質之研究—以某大型購物中心為例，逢甲大學土木工程所碩士論文，2009。
- [51] 王財利，學校建築消防安全設備管理維護問題與對策之研究—以台北縣國小為例，淡江大學建築學系碩士論文，2003。
- [52] 何景文，消防設備師（士）執行建築物消防安全設備檢修申報作業服務品質之評估研究—以台中市供公眾使用建築物為例，中央警察大學消防科學研究所碩士論文，2003。
- [53] 李瀟瀟，RFID 技術應用於消防安全設備維護資訊管理之研究，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士論文，2008。
- [54] 劉安心，高雄市消防安全檢查人員工作現況與問題解決策略之研究，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士論文，2006。
- [55] 陳弘毅，「消防學」，鼎茂圖書出版公司，2000，第 253 頁。
- [56] 林元祥等作，陳金蓮編，「警察百科全書十一」，消防安全，正中書局，1999，第 5 頁。
- [57] 林元祥等作，陳金蓮編，「警察百科全書十一」，消防安全，正中書局，1999，第 213 頁。

- [58] Ronny J. Coleman, 1979, John A. Granito and H. E. Hickey, Managing Fire Services, International City/County Management Association, pp42-43.
- [59] Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Liston Kathleen, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2008, P.34
- [60] 郭榮欽、謝尚賢，BIM 概觀與國內推行策略，土木水利 37 卷，第五期，2010。
- [61] Copenhagen school of design and technology. Understanding BIM. A guide for beginners, Ben Malone, 2010。
- [62] 黃南鑒、李萬利、蘇瑞育，「南港經貿園區 R5 集合住宅開發案-以 BIM 演進建築工程跨專業團隊的協同作業」，中華技術期刊，第八十八期，2010，第 32 頁至第 41 頁。
- [63] 康世仲、蔡孟涵，「建築資訊模型之技術發展過程」，營建之訊，第三百一十六期，2009。
- [64] 唐清涓，BIM 於營建產業之未來發展暨最新 BIM 案例分享，2011。
- [65] <http://www.cadalyst.com/aec/bim-and-autodesk-ecotect-1-2-3-revit-tutorial-3775>，cadalyst 網站，2011-05。
- [66] Krygiel, E. & Nies B, Green BIM successful sustainable design with building information modeling, Indianapolis, Indiana, Wiley publishing Inc., 2008, P.26。
- [67] Gallaher, M., O'Conner, A., Dettbarn, J., and Gilday, L., Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry, NIST GCR 04-867, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2004。
- [68] Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Liston Kathleen, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2008, P.11。

- [69] [Http://maps.grida.no/go/graphic/raw_material_consumption_global_trends_and_us_share](http://maps.grida.no/go/graphic/raw_material_consumption_global_trends_and_us_share) , Grida 網站 , 2011-05 。
- [70] [Http://ecospecifier.com.au/knowledge-green/articles/lean-cities-low-carb-materials.aspx](http://ecospecifier.com.au/knowledge-green/articles/lean-cities-low-carb-materials.aspx) , EcoSpecifier 網站 , 2011-05 。
- [71] [Http://archrecord.construction.com/features/digital/archives/0607dignews-2.asp](http://archrecord.construction.com/features/digital/archives/0607dignews-2.asp) 11/10/10 , Architectural Record 網站 , 2011-05 。
- [72] Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Liston Kathleen, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2008, P.308.
- [73] McGraw Hill Construction ,Smart Market Report on Building Information Modeling: Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity , McGraw Hill Construction, 2008.
- [74] 陳弘毅 , 「防火管理」 , 台北 : 鼎茂圖書出版公司 , 1999 。
- [75] <http://www.79288.com/Illustration/176.html> , Wallpaper 網站 , 2011-05 。
- [76] Autodesk 編 , 台灣 BIM 首航-綠建築設計與 BIM 實際導入經驗分享 , 2011 。
- [77] <http://en.wikipedia.org/wiki/GRAITEC> , 維基百科網站 , 2011-05 。
- [78] <http://www.graitec.com/en/company.asp> , GRAITEC 網站 , 2011-05- 。
- [79] http://www.beck-technology.com/product_dp.asp , Beck Technology 網站 , 2011-05 。
- [80] http://en.wikipedia.org/wiki/Macro_BIM , 維基百科網站 , 2011-05 。
- [81] http://en.wikipedia.org/wiki/IntelliCAD_Technology_Consortium , 維基百科網站 , 2011-05 。
- [82] <http://www.dds-cad.net/130x2x0.xhtml> , DDS-CAD 網站 , 2011-05 。
- [83] http://en.wikipedia.org/wiki/Data_Design_System , 維基百科網站 , 2011-05 。
- [84] <http://www.gloobe.jp/index.html> , GLOOBE 網站 , 2011-05 。
- [85] Autodesk, Inc., Revit 2011 API Developer's Guide - Version 1.0, 2010.

- [86] <http://www.microsoft.com/taiwan/sql/prodinfo/overview/what-is-sql-server.msp> , SQL Server 2005 官方網站, 2011-06。
- [87] <http://www.microsoft.com/taiwan/sql/prodinfo/overview/whats-new-in-sqlserver2005.msp#EBEAC> , SQL Server 2005 官方網站, 2011-06。
- [88] http://zh.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio#Visual_Studio_2008 , 維基百科網站, 2011-06。
- [89] 李逸鈞、楊勝凱譯, 「VB.NET 教學手冊第二版」, 基峯資訊股份有限公司, 2003。
- [90] 林福泉、林錦雀、廖佐育, 「VB.NET 私房書」, 金禾資訊, 2004。
- [91] Kerin Hoffman, Jeff Gabriel, Denise Gosnell, Jeff Hasan, Christian Holm, Ed Musters, Jan Narkiewickz, John Schenken, Thiru Thangarathinam, Scott Wylie, and Jonothon Ortiz 著, 若思 譯, 專業 .NET Framework 程式設計, 台北, 基峰資訊股份有限公司, 2002。
- [92] <http://blendinmotion.blogspot.com/search/label/Revit> , Darren Lewis 部落格網站, 2011-06。
- [93] <http://revitoped.blogspot.com/2007/05/when-i-says-mass-i-means-mass.html> , Revit OpEd 網站, 2011-06。
- [94] <http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=78ebc8c84cc82197f2141bf8e3acfde&prevstart=0> , Google Sketchup 3D Warehouse 網站, 2011-06。
- [95] <http://www.case-inc.com/project/BIM-consulting-VCC-USA-LOD-400-cross-trade-BIM-modeling-and-coordination> , Case Inc 網站, 2011-06。
- [96] <http://www.buildingscience.com/documents/information-sheets/high-r-value-wall-assemblies/high-r-wall-12-exterior-insulation-finish-systems-eifs-wall-construction> , Building Science 網站, 2011-06。
- [97] Robert S. Weygent, BIM Concept Development: Standards, Strategies, and Best Practices, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2011, pp.79-85.
- [98] 許文國, 中央研究院計算機通訊電子報, 2011 第 9 期。
- [99] BIM Standard for Autodesk Revit, AEC (UK) BIM Standard 網站, 2011-06。

- [100] http://images.autodesk.com/adsk/files/ipd_workflow_final_1_.pdf , autodesk 網站 , 2011-06 。
- [101] <http://www.buildingsmartalliance.org/> , Building Smart Alliance 網站 , 2011-06 。
- [102] <http://www.nfa.gov.tw/Show.aspx?MID=16&UID=20&PID=16> , 內政部消防署 , 2011-06 。
- [103] <http://www.autodesk.com.tw/adsk/servlet/pc/index?siteID=1170616&id=15191356> , Autodesk Ecotect Analysis 網站 , 2011-06 。
- [104] <http://www.autodesk.com.tw/adsk/servlet/pc/index?siteID=1170616&id=15300161> , Autodesk Navisworks 網站 , 2011-06 。
- [105] http://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/revit_architecture_brochure.pdf , Autodesk 網站 , 2011-06 。
- [106] <http://www.autodesk.com.tw/adsk/servlet/index?siteID=1170616&id=9264051#section11> , Autodesk 網站 , 2011-06 。
- [107] AEC (UK) BIM Standard For Revit v1.0 , AEC (UK) CAD & BIM Standards Site , 2010 。
- [108] CIC Research Group, Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University, BIM Project Execution planning Guide , 2011 。
- [109] BIM Handbook Second Edition, Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2011, p.173 。
- [110] 陳會安、陳峰棋 , 資料庫系統理論與實務—以 Access 2003 為例 , 學貫行銷股份有限公司 , 2004 。
- [111] <http://zh.wikipedia.org/wiki/> , 維基百科 , 2008 。
- [112] 賴東延 , 導入 BIM 於臺灣公共工程招標準備階段之研究 , 國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文 , 2011 。
- [113] 孫瑩琰 , 以 BIM 為基礎建構符合施工度的排程評估模式 , 國立成功大學土木工程學系碩士論文 , 2011 。
- [114] 蔡孟涵 , 導入 BIM 於營建團隊之策略 , 國立臺灣大學土木工程學研究所博士論文 , 2011 。

- [115] 吳柏成，BIM 導向建築機電整合之研究-以 MEGA House 為例，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，2011。
- [116] 陳韋如，建築資訊模型導向營造廠流程再造之研究，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，2011。
- [117] 范國祐，開放式建築與結構資訊模型整合之研究-以 MEGA House 為例，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，2011。
- [118] 賴劉峻，開放式建築資訊模型熱流模擬分析之研究-以 MEGA House 為例，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，2011。
- [119] 陳宏名，BIM 方法應用於營建工程管理模式之研究-以施工階段為例，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士論文，2011。
- [120] 莊天翔，應用雲端運算技術於建築資訊模型展現與操控之研究，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士論文，2011。
- [121] 傅貽明，由建築資訊模型輸出裝修工程數量之應用實證，中華大學土木工程學系碩士論文，2011。
- [122] 張驄騰，結合 BIM 開發建築物消防監控系統，中華大學營建管理學系碩士論文，2011。
- [123] 林豎程，建築資訊模型應用於公部門鋼筋混凝土建築之實證研究，中華大學營建管理學系碩士論文，2011。
- [124] 簡士凱，使用 BIM 建立建築物設施管理系統，中華大學營建管理學系碩士論文，2011。
- [125] 陳景田，由建築資訊模型提取鋼筋混凝土工程數量之應用實證，中華大學土木工程學系碩士論文，2011。
- [126] 謝博全，BIM 在建築生命週期過程應用之研究，中國科技大學建築研究所碩士論文，2011。
- [127] <http://www.averybrian.com/revit>, Brian Avery Website, 2011-10。
- [128] <http://www.chinabim.com/>，BIM 中國門戶，2011。
- [129] <http://blog.sina.com.cn/heguanpei>，何關培談 BIM，2011。
- [130] <http://iug.buildingsmart.com/idms>，buildingsmart，2011。
- [131] Johannes A W Dimyadi ,Michael Spearpoint ,Robert Amor, "Generating Fire

- Dynamics Simulator geometrical input using an IFC-based building information model", *Journal of Information Technology in Construction*, vol.12, 2007, pp.443-457.
- [132] Spearpoint M. J. and Johannes A W Dimyadi, "Sharing Fire Engineering Simulation Data Using the IFC Building Information Model", *International Congress on Modelling and Simulation*, Christchurch, New Zealand: MODSIM07, 2007,pp10-13.
- [133] Umit Isikdag, Jason Underwood, Ghassan Aouad, "An investigation into the applicability of building information models in geospatial environment in support of site selection and fire response management processes", *Advanced Engineering Informatics*, vol. 22, Issue 4, 2008, pp. 504-519.
- [134] Uwe Rueppel,Kai Marcus Stuebbe," BIM-Based Indoor-Emergency-Navigation-System for Complex Buildings", *Tsinghua Science & Technology* , vol.13, 2008, pp. 362-367.
- [135] Uwe Rüppel, Puyan Abolghasemzadeh,"BIM-based Immersive Evacuation Simulations", *International Conference on the Application of Computer Science and Mathematics in Architecture and Civil Engineering*, Weimar, Germany,2009.
- [136] Johannes A W Dimyadi ,Michael Spearpoint ,Robert Amor, " Sharing Building Information Using The Ifc Data Model For Fds Fire Simulation ", *Fire Safety Science*, vol 9, Issue: Icc, 2009, pp1329-1340.
- [137] Jiyong Jeong, Ghang Lee," Requirements for Automated Code Checking for Fire Resistance and Egress Rule Using BIM", *Introduction of ICCEMI ICCPM 2009*, Jeju, Korea, 2009.
- [138] Shouxiang Xu, Tao He, Y ongsheng Liang," Fire Prevention Virtual Reality Architecture Based on Fire Model",*2010 International Conference on Computing Application and System Modeling*, Shenzhen ,China,2010.
- [139] Godager, Bjørn Arild, "Analysis of the Information Needs for Existing Buildings for Integration in Modern BIM-Based Building Information Management", *International Conference on Environmental Engineering*, Vilnius, Lithuania, 2011.

- [140] Uwe Rüppel, Kristian Schatz, "Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations", *Advanced Engineering Informatics*, vol 25, Issue 4, 2011, pp. 600-611.
- [141] <http://irevit.blogspot.com/2011/06/revit-2012-viewer.html>, irevit 網站, 2011-10.

建築資訊模型(BIM)於建築物消防安全管理之應用

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三段 200 號 13 樓

編 者：鄭元良、張寬勇、林祐正、陳怡茹、蘇郁智

出版年月：100 年 12 月

版 次：第一版

I S B N：978-986-03-0968-3 (平裝)

ISBN . 978-986-03-0968-3