

英國在設施管理（FM）應用 建築資訊建模（BIM）的發展趨勢

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 105 年 12 月

PG10505-0045

英國在設施管理（FM）應用 建築資訊建模（BIM）的發展趨勢

研究主持人：謝宗興

研究期程：中華民國 105 年 2 月至 105 年 12 月

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 105 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

The Development of BIM-Based FM in U.K.

BY

Tzong Hsing Hsieh

Dec 31, 2016

目次

表次	II
圖次	III
摘要	IV
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 設施管理(FM)應用 BIM 的意義	2
第二章 文獻回顧	6
第一節 英國 BIM Level2 的發展	7
第二節 培育 BIM 操作人員的發展	13
第三節 BIM 應用在設施管理(FM)的發展	17
第四節 設施管理(FM)的檔案交換與儲存	24
第三章 英國對於 FM 運用 BIM 的案例	29
第一節 Birmingham City University 案例	30
第二節 Northumbria University 案例	35
第四章 結論與建議	38
第一節 結論	38
第二節 建議	39
參考書目	41

表 次

表 1	受訪者主要專業為何	8
表 2	英國 BIM 從業人員薪資概估	10
表 3	美國紐約市 BIM Manager 薪資概估	11
表 4	美國紐約市 BIM Manager 等相關從業人員平均薪資	12
表 5	COBie 各圖紙說明	27

圖 次

圖 1 BIM 成熟的各階段	5
圖 2 澳洲 BIM Manager 因應經驗累積的薪資成長趨勢	13
圖 3 澳洲 BIM Manager 相關行業薪資範圍	13
圖 4 英國主要 BIM 訓練機構 BRE 提供 BIM Level 2 訓練	14
圖 5 BIM 設施管理系統	19
圖 6 設施管理對澳大利亞經濟的貢獻 (2002~03)	20
圖 7 數據因為 3 項重要性質所以需要文件化	22
圖 8 整合模型檔案來尋找設計過程中的衝突	32
圖 9 模型中顯示未來完工後實際顯示出來的管線模擬	33
圖 10 模型可以讓維管部門用來訓練新人並且模擬維護狀況	33
圖 11 諾森比亞大學城市校園	35
圖 12 依照 AIA 標準繪製的 BIM model 為 LOD 500 (左) 及 LOD 100 (右)	36
圖 13 滅火器 BIM Model 依照 AIA 標準繪製 LOD 500 (左) 及 LOD 100 (右)	36

摘要

關鍵詞：建築資訊模型、維護管理、英國

一、研究緣起

本研究配合內政部建築研究所 104~107 年中程綱要科技計畫「建築資訊整合分享與應用研發推廣計畫」案，持續對於建築資訊建模（BIM）全生命週期應用進行研究。本研究延續 104 年「政府建置 BIM 維護管理平台的需求與應用研究」，研究運用 BIM 技術進行設施管理的相關案件，發覺現有趨勢已經朝向兩種建置方向，其一是由規劃設計階段就開始建立 BIM 管理維護檔案資料庫的新建案；其二是重要公共建築，由專業組織運用 BIM 及測繪技術，依據舊有圖說、建築物現況、公共空間互動及建築營運計畫等內容，逐步建置 BIM 管理維護檔案。當政府政策及設計規劃端已經逐步朝向 BIM Level 2 的方向前進時，佔有全生命週期較長時期的維護管理階段，也開始進行設施管理（FM, Facility Management）上的 BIM 應用，以期在設施管理上運用 BIM 來節省長期的管理維護費用。

然而設施管理階段裡，BIM 技術不再僅限制於較為熟悉的 BIM 軟體在圖說或模型上的處理應用，討論的範圍更加擴大，包含建築物使用動線及服務動線、防災規劃及演習、建築年度使用計畫等內容，對於儲存的資料以及相關環節的配合也有諸多要求，現有建築導入 BIM 管理的初期建置費用較高等情形，必須通盤的勾勒出這些未來的發展趨勢在現在面臨的需求與關鍵，本研究期望能透過研究英國發展政策、設施管理趨勢及目前運用 BIM 發展設施管理（FM）的案例，瞭解未來面臨的機會與挑戰，提供我國未來發展參考。

二、研究方法及過程

在研究方法上，以文獻研究法閱讀分析現有研究文獻，收集英國目前對於設施管理（FM）的發展政策及目前運用 BIM 進行設施管理（FM）的案例進行分析，推估未來發展的趨勢及推動體系，配合取得資料及我國政府體制，提出未來推動建議。另外經由瞭解英國推動 BIM 進行設施管理（FM）的運作方式，討論以現有 BIM 技術於未來進行設施管理的機會與挑戰。

三、重要發現

經過研究後發現，BIM-Based FM 屬於 AEC 產業的新興領域，這個領域即使大力推動 BIM 的英國也還沒有形成普遍發展，當 BIM 產業發展進入 Level 3 時，較容易運用成熟的 BIM 技術進行 BIM-Based FM。BIM 各階段完成的模型對於設施管理來說常會有建築資訊過多與設備空間資訊不足的問題。建築資訊有利於討論設計及實際興建，但設施管理的時候不需要這麼多的資訊，通常僅需要空間的尺寸、方位等資訊；反之，在設施管理常見的需求，如租借時間表、租借人員、設備使用年限、主動預警設施，甚至資金流等資訊需求較為不足，需要另外建立相關內容以利設施管理者使用。如何建立一個適合設施管理的 BIM 模型，或者如何設施管理者的檔案中加入 BIM 模型或資訊以利於設施管理，都是可以再詳細研究的後續發展。

關於英國對於 BIM-Based FM 的研究，引進 BIM 技術的成功關鍵在於是否已達成 BIM Level 2，並且進入 BIM Level 3 的階段。因為當整個產業發展達成 Level 2 進入 BIM Level 3 階段後，各資訊間的交換管道與運作機制較為成熟可靠，政府亦達成 Soft Landing 的狀況，能夠有效控管與操作 BIM-Based FM 中政府提供協助的部分。

然而研究發現，英國並非如其推動目標已經於 2016 年全面進入 BIM Level 2 的階段，目前看來僅有一定數量的規劃設計業者以及少數 AEC 業者進入 BIM level 2 的階段，因此討論 BIM-Based FM 的論文或文章數量相較 BIM 應用於規劃設計階段的論文或文章數量仍然偏少，許多必須的項目目前僅能就少量的個案進行討論，隨著後續進入 BIM Level 3 之後，預期會有更多的 BIM-Based FM 討論內容。因此目前比較確定的建議是儘速帶領我國 BIM 發展進入 BIM Level 2 的階段，才能較為具體的討論 BIM-Based FM。

四、主要建議事項

建議一

立即可行建議：研商國內運用 BIM 技術進行公共場館維護管理的策略。

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：行政院國家發展委員會、內政部建築研究所

關於設施管理引進 BIM 技術後所帶來的利益是可期的，對於怎樣的公共場館在現階段適合引入 BIM 技術進行管理，或是引入的 BIM 技術應該包含哪些內容，需要再詳細的研究或共識，以提出明確的定義與規劃，幫助擬定設施管理的操作資金與人力需求。

我國公共建設場館常出現蚊子館的狀況，藉由 BIM 技術的引入，期望可以增加設施運用彈性，以加強活化利用。在公共場館轉型為彈性運用時，能夠提供規劃上的便利與設備的裝設建議。同時，在設施的串連管理與公共安全的應用上，能夠降低維護操作的成本，並增進公共場館防災應變的能力。

建議二

中長期建議：調查 BIM 產業發展基礎資訊。

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：行政院國家發展委員會、內政部建築研究所

關於英國對於 BIM-Based FM 的研究，引進 BIM 技術的成功關鍵在於是否已達成 BIM Level 2，並且進入 BIM Level 3 的階段。進入 BIM Level 2 的發展時，常常會帶動周邊產業的同步發展，因此對於相關產業發展的基礎資訊調查作業變的相當重要。

目前研究發現，當制訂 BIM 相關發展與產業政策時，需要依靠扎實的本國產業調查基礎資料以及國外進口物料設備等資料，以提供政府制訂發展策略時，避免陷入產業發展困境，能夠經由調查數據發覺我國主要競爭力，降低弱勢產業因應國際化的衝擊。

建議三

中長期建議：研究我國運用 BIM 技術建立維護管理產生的產業效益。

主辦機關：行政院國家發展委員會、行政院公共工程委員會

協辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

由於 BIM 的發展容易受到國際互動的影響，大量優勢價格的產品或規格將會領導產業市場走向，評估這些長期維護更新的建築帶來的產業發展效益以及有效避免國際化衝擊，是政府需面對的挑戰。

目前世界各地的建築維護管理產業正在興起，運用 BIM 技術來結合維護管理產業的介面正在如火如荼的研發著，目前看來，還沒有所謂決定性的產品或重量級的規範可以全面掌握世界潮流走向。掌握開發的先機，在現今許多關注 BIM 在 VR 或 VDC 等領域的發展的同時，能夠瞭解我國對於這項產業的整體效益，適度導入 BIM 技術結合 FM 產業發展，掌握得宜時，我國有機會創造出可供外銷的維護管理競爭產業技術，提供類似我國擁有多樣化不同類型建築物的地區一套國產的優良技術。

Abstract

Keywords: building information modeling, Facility Management, U.K.

This study is about building information modeling (BIM) application in life cycle of buildings. According 2015's study, "the government build BIM platform maintenance and management requirements and applied research," research using BIM technology for facility management-related cases, found that the existing trend has been toward the direction build two kinds, one is the planning and design stage BIM start building management and maintenance of the new text file repository; the other is an important public buildings, by professional organizations to use BIM and mapping technology, based on the old map that content, status of buildings, public spaces and building interactive business plans, and gradually built set BIM file management and maintenance. When government policies and the design and planning side has gradually toward BIM Level 2 direction forward, the possession of the maintenance and management phase of its life cycle a longer period, also began facilities management (FM) BIM applications on to the Facilities Management on the use of BIM to save long-term management and maintenance costs.

However, in the facilities management stage, BIM technology is no longer restricted only to the more familiar BIM software in Diagram or processing application on the model, a more expanded scope of the discussions, including the use of the building fixed-line and fixed line services, disaster planning and drills, Construction annual use plan and other content, as well as information related to links with the store also has many requirements, existing buildings import initial build cost BIM higher management and other circumstances, must the overall outline of the future trends in demand and now faces the key, in this study expect to Britain through research development policies, facilities management and the current development trend of facilities management (FM) of BIM case, understand the opportunities and challenges facing the future, provide a reference for future development in Our Country.

After a study found that the completion of the various stages of BIM model for facilities management for buildings often have too much information and device information space shortage. Information architecture is conducive to discuss the design and actual construction, but does not require facilities management when so much information, usually requires only space the size, orientation and other information: On the other hand, demand for facility management in common, such as lease schedule, leased personnel, more less the life of equipment, proactive early warning facilities and even cash flow and other information requirements need to create relevant content in order to facilitate the use of facility managers. How to build a suitable facility management BIM model, or how to join the BIM model to facilitate the management of facilities, all need to follow the development of a detailed study of the archives facility managers.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

本研究配合內政部建築研究所 104~107 年中程綱要科技計畫「建築資訊整合分享與應用研發推廣計畫」案，持續對於建築資訊建模（BIM）全生命週期應用進行研究。本研究延續 104 年「政府建置 BIM 維護管理平台的需求與應用研究」，研究運用 BIM 技術進行設施管理的相關案件，發覺現有趨勢已經朝向兩種建置方向，其一是由規劃設計階段就開始建立 BIM 管理維護檔案資料庫的新建案；其二是重要公共建築，由專業組織運用 BIM 及測繪技術，依據舊有圖說、建築物現況、公共空間互動及建築營運計畫等內容，逐步建置 BIM 管理維護檔案。當政府政策及設計規劃端已經逐步朝向 BIM Level 2 的方向前進時，佔有全生命週期較長時期的維護管理階段，也開始進行設施管理（FM，Facility Management）上的 BIM 應用，以期在設施管理上運用 BIM 來節省長期的管理維護費用。

在設施管理上使用的 BIM 技術，圖說細緻程度大概屬於 LOD200 到 LOD300 之間的標準，就能夠有效處理設施需要的內容，增加檔案容納其他設施管理需要的表格、圖說或文件、精簡整體 BIM 圖檔大小及降低繪製成本。對於設施管理者而言，精準的顯示需要維護的設施單元或是內容，比精準的圖說來的更為重要。再者，BIM 技術應用的侷限還有包括無法顯示設施管理中常見的資金流動需求、設施維護人員管理上的需求等內容。

第二節 設施管理(FM)應用 BIM 的意義

2010 年開始在內政部建築研究所的研究計畫中逐漸出現 BIM 的研究內容，這一年同時也是亞洲 BIM 整體推動領先者-新加坡建設局 (BCA, BBuilding and Construction Authority) 啟動第 1 階段 2010~2015 年 BIM Road Map 的第 1 年，相較於逐漸在 2012 年 5 月發展出第 1 版 BIM Guide 以及快速於 2013 年 8 月發佈第 2 版 BIM Guide 的新加坡，臺灣地區現況卻是在 BIM 應用研究以及實務應用上多頭併進，但缺乏綱要領行。雖然尚未發佈 BIM Guide 等宣示性或綱要性的重要文件，在設計與工程中卻已經積極推動，甚至在物業管理或是設施管理的領域裡已經開始探討可行性。

根據陳建謀等在 2007 年物業管理暨防災國際學術研討會提出的「物業管理資訊系統之研究」表示，以辦公大樓經濟生命週期 40 年計算，各階段支出費用百分比，規劃設計約佔 0.7%，施工階段約佔 16.3%，使用營運階段約佔 30.6%，維護階段約佔 32.1%，修繕階段約佔 15.6%。依數據來看普遍認定 BIM 發揮最大效益是在建築營運期間設施管理(Facility Management，簡稱 FM)應用。

依據國際設施管理協會(IFMA)的定義，設施管理是一門多重專業領域專業，藉由人、空間場所、流程與技術的整合，確保建築環境各項功能得以有效的發揮。所以 BIM 為基礎的設施管理基礎在於竣工 BIM 模型的空間資料、相關設備的維護手冊等外，還需整合各建築管理單位所訂定的設施維護管理流程，並另行建置符合營運管理人員使用的系統。設施管理系統可發展的建議方向有幾點：操作介面簡易、獨立資料庫、行動化、主動預警、空間管理及後續維護。在王昌昀等「BIM 於捷運車站生命週期應用」中討論到設施中運用 BIM 進行管理時面臨的挑戰有以下數點：

- (1) 過多資訊：BIM 軟體畢竟是工程師及設計師所用之軟體，對於設施管理人員而言介面過於複雜，若軟體操作過於複雜則造成推廣的抗性，維護管理功能應以簡易操作概念建置軟體介面，提升使用效率。
- (2) 不易閱讀：BIM 模型本身即是資料型態所組成，但非一般軟體所能解譯之資料庫，後續附掛維護手冊及現況照片不易，另外，管理功能著重於資料統計及搜尋速度，且要能與外部系統溝通，故從 BIM 模

型輸出能獨立的資料庫是必要的，建立類似傳統設施管理應用的「設備資料卡」。

- (3) 需要易於清點：設施管理與設備報修及盤點工作息息相關，所以新形態設施管理必定要以數位化管理方式來執行，目前兩種方式來執行，一、特定設備，如：監視器、偵溫感知器等中央控制系統監控，以 ICT 技術主動傳遞及感知相關資訊，主動顯示故障位置。二、廣泛型的設備，如機電管線及一般辦公家具，則以行動設備(平板電腦或智慧型手機)及二維條碼進行數位式盤點，縮短盤點及維護周期，有任何更新資料都可以同步到統一資料庫，成為設施歷史紀錄，供統計查詢使用。
- (4) 主動預警：所有設備皆有使用年限，有些設備壞了再換無妨，但有些設備若未能在使用年限內維護或更換，將造成建築使用機能的故障，甚至會衍生工安問題。所以在重要設備中需註記使用年限資料，設施管理系統就能預警顯示，並顯示設備在 3D 空間的位置，提升維護效率及安全性。
- (5) 空間管理：設施維護管理另外一塊是空間使用的管理，包含空間租借管理、空間設施分佈管理、空間使用性質及空間坪數資訊。
- (6) BIM 模型更新與優化：空間及設備的更替是一定會發生的，所以 BIM 模型必須持續維護相關的變動，設施管理系統也必須很簡易的與 BIM 模型同步化，提升管理資訊的有效性，使得設統管理得以永續經營。

當我們需要描述一個 BIM 發展的狀況時，建立一個 BIM 各階段成熟的模型來顯示關連性，精確的說明 BIM 預期達到的狀況、支援的相關標準以及各式指南，同時展示如何在產業中應用於個案與合約。所以在英國便採用由 Level 0 到 Level 3 的各個 BIM 使用階段是為了在技術與協同作業上分類，Level 的分類是用來界定處理流程、工具與技術。簡單的說，就是一項嘗試除去 BIM 這個字眼帶來的歧異與模糊，清楚轉化成供應鏈，使客戶清楚精確的知道供應鏈提供的內容。

在這個成熟度指標裡可以認識到營建過程中的不同客戶，以及他們在供應系統中現在所處的階段與應用 BIM 的方式，在一段時間後可以提供一個像是學習過的結構化流程。下面簡單說明 BIM 個階段的狀況：

□ BIM level 0

- Level 0 意味著沒有協作
- 2D CAD 只利用在繪製，主要用於生產資訊。
- 輸出和分配是通過紙或電子照片，或是並用。
- 大多數行業現在已經是遠遠超過這個。

□ BIM level 1

- 這通常包括 3D CAD 為法定文件和生產資訊混合 2D CAD 標準進行管理。
- 以 BS 1192：2007，和數據的電子共享從一個共同的數據環境（CDE），常常由承包商管理進行。
- 這是很多企業目前所處階段，但各領域間沒有協作。

□ BIM level 2

- 這是通過協同工作區分開來 - 各方使用自己的 3D CAD 模型，但不一定在一個單一的模型共同工作。
- 協作進來的資訊如何建立一個可以在不同方之間交換的形式標準，是水平交流的關鍵課題。
- 設計資訊是通過一個共同的文件格式標準，使任何組織，能夠運用自己的軟體處理這些數據，以建立一個共用的 BIM 模型。
- 任何 CAD 軟體，每方使用必須能夠匯出到常見文件格式，例如 IFC，或 COBie。
- 英國政府規劃到了 2016 年最低的目標，就是在公共部門工作的所有工作都能採取這樣的工作方法。

□ BIM level 3

- 目前視為完整掌握 BIM 的好處，代表通過在一個集中的存儲庫使用一個單一且共享的案模型，容納各方的協同作業。
- 各方能夠閱覽和修改同一個模型，能夠完整消除衝突資訊帶來的危險。
- 這個階段可以稱為「OPEN BIM」。

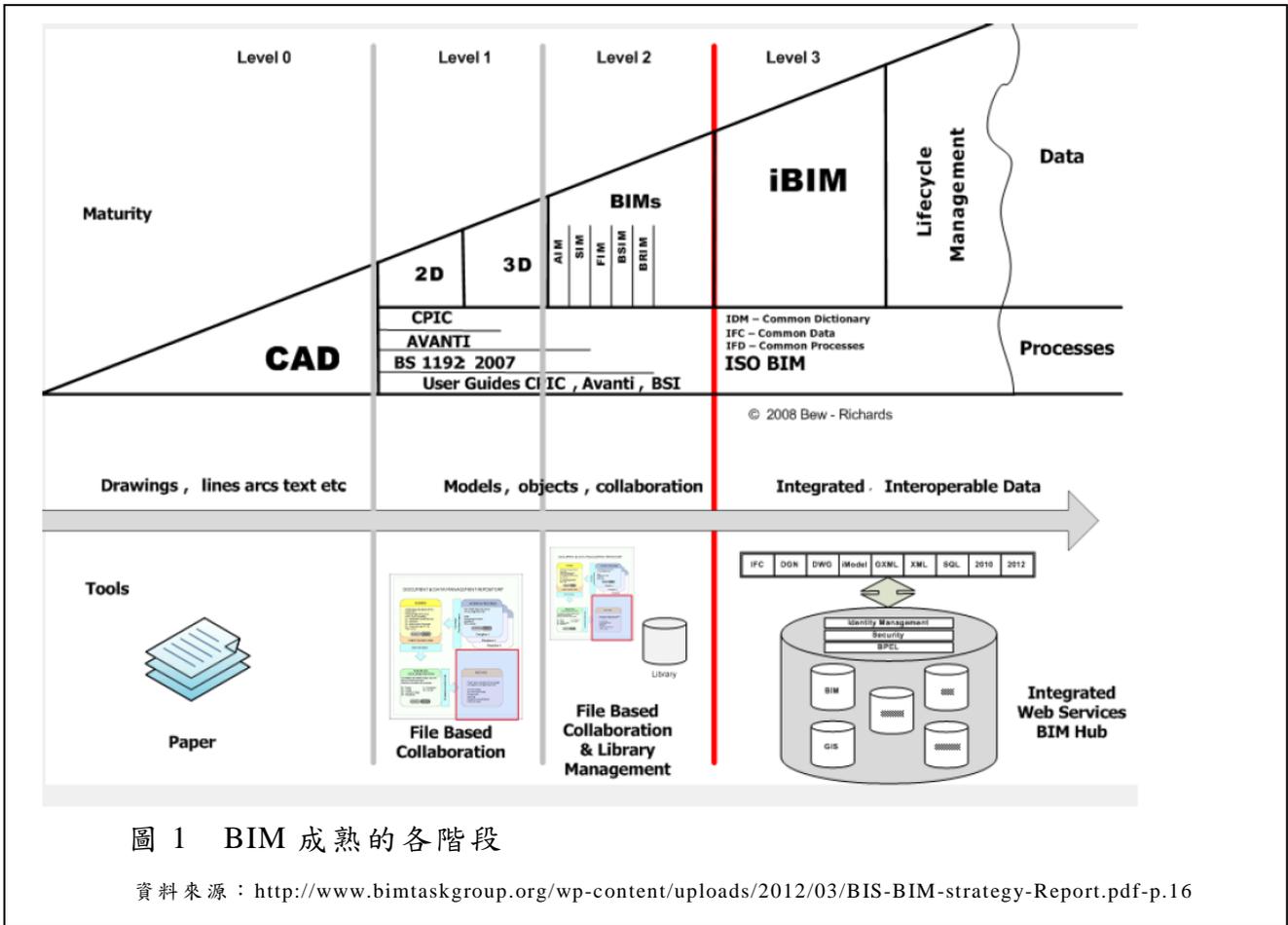


圖 1 BIM 成熟的各階段

資料來源：<http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf>-p.16

第二章 文獻回顧

第一節 英國 BIM Level2 的發展

根據謝尚賢 2015 年「從最新調查報告看 BIM 應用發展」一文判斷，英國依據所公布的 BIM 調查內容有望 2016 達成 BIM Level2。文中引述英國 NBS (National Building Specification) 從 2010 年開始進行國家 BIM 調查 (National BIM Survey)，針對約 1,000 位建築、工程與測量領域的營建產業從業人員進行線上 BIM 問卷調查，迄今已邁入第 5 年，調查結果清楚地顯示，英國政府自從 2011 年發表推動 BIM 的政策白皮書後，經過約四年的努力推動，成效顯著：

- ◆ 原本在 2010 年時表示知道並正在應用 BIM 的人還只有 13%，最近兩年的調查皆顯示已穩定地達到約 50%，而 2010 年時有高達 43% 的人表示從沒聽過 BIM，但在最近三年的調查中都只剩約 5%。
- ◆ 對於所任職企業的 BIM 應用情形與展望的調查，則顯示已有 50% 已經在應用 BIM，83% 表示將於一年內開始應用 BIM，92% 表示將於三年內開始應用 BIM，而 95% 表示將於五年內會開始應用 BIM。
- ◆ 從最近這兩年的調查可看出，認為自己所任職企業已具有 Level 2 以上的 BIM 應用成熟度的人，從 58% 上升到 65%，成長幅度有 12%，算是相當不錯，且有這個數量的 Level 2 BIM 企業，應也足夠讓英國政府達成 2016 年於公共工程的 BIM 應用達到 Level 2 成熟度的目標。

此外，調查亦顯示，77% 的人同意 BIM 會是工程資訊的未來，但也有高達 67% 的人認為業界對於 BIM 的認知與瞭解仍不足，一方面顯示 BIM 教育還有不少需要加強的地方，另一方面也顯示在業界仍有不少關於 BIM 的似是而非言論（有 30% 的受訪者表示不信任他們所聽到關於 BIM 的訊息）

有關於業主對於應用 BIM 的調查，根據 McGraw Hill Construction (2014) 的調查雖然只是針對美國與英國的業主（必須已有 BIM 應用經驗，美國 101 家及英國 40 家），但因為英美兩國是目前帶領全球 BIM 發展的領頭羊，英國由政府大力主導，美國雖然在初期政府扮演了一些帶頭作用，但主要還是靠民間的自由市場經濟力量在推動，所以都非常值得參考。此調查報告有幾點重要的結果：

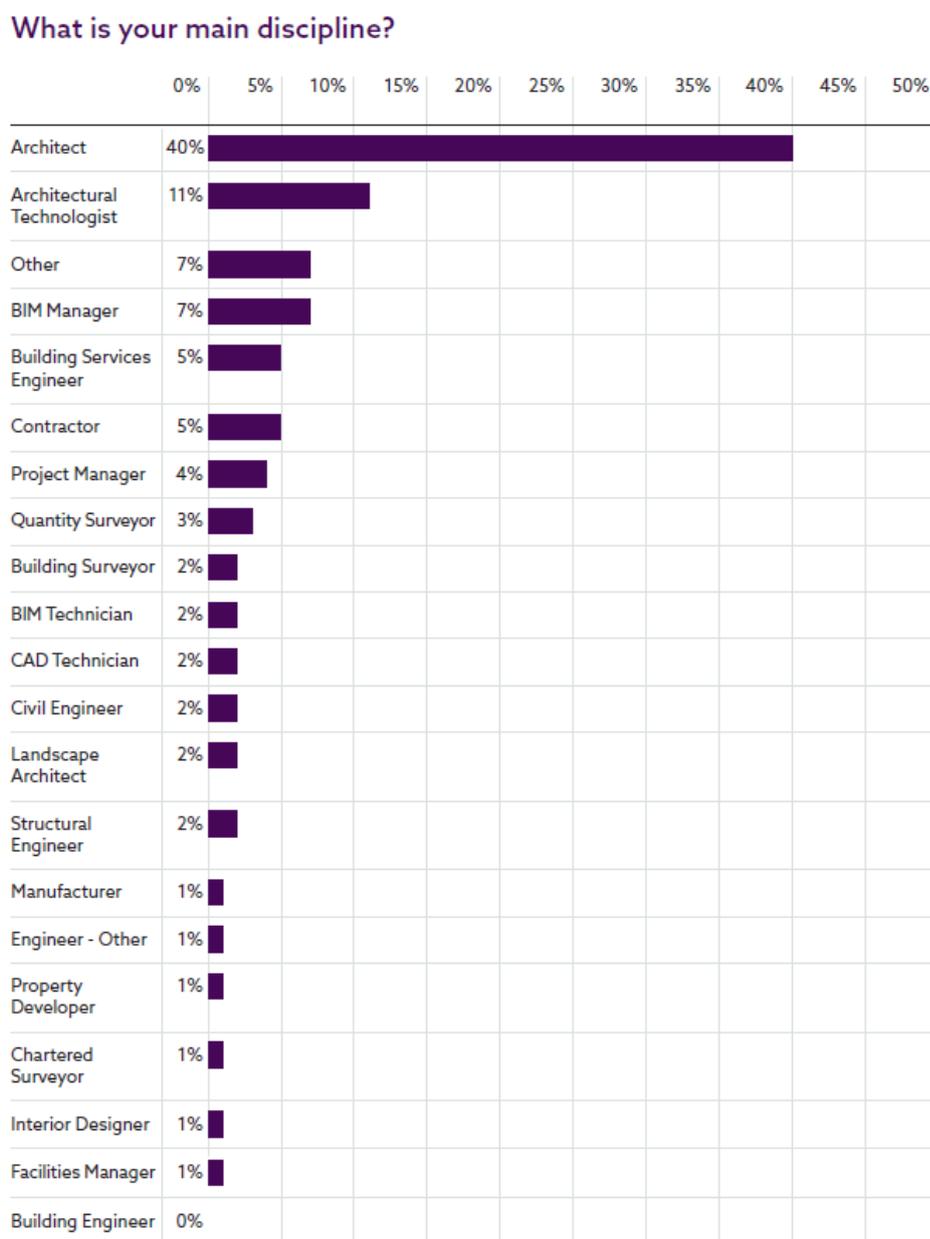
- ◆ 業主的 BIM 應用專案(即團隊中有任何 BIM 應用之專案)之比例(以所有專案數為分母)比兩年前增加，且未來將持續增加。調查顯示，美國的業主中屬於極高度 BIM 應用的(即高於 75%的專案都應用 BIM)，2012 年時是 11%，2014 年時增加到 25%，2016 年的預期值是 40%，幾乎每兩年就增加一倍。若是一同納入高度 BIM 應用的業主(即 50%到 75%的專案都應用 BIM)，數字會是 22%(2012)，38%(2014)及 59%(2016)，成長的速度還是相當可觀。而對於英國業主的調查則顯示，屬於極高度 BIM 應用的在 2012 年時是 22%，2014 年時增加到 28%，2016 年的預期值是 38%。可見英國的 BIM 應用起步雖然較美國晚，但由於英國政府的大力推動，英國的業主在導入 BIM 應用上看來相當積極，因此比例上與美國業主相比毫不遜色。調查結果也的確顯示英國的業主要求要使用 BIM 的比例(68%)也遠高於美國業主(25%)。
- ◆在 2014 年，英國的業主中有 35%總是會聘用 BIM 顧問，而其餘的 65%則是常常會聘用 BIM 顧問；而美國的業主中總是會聘用 BIM 顧問的只有 12%，常常會聘用 BIM 顧問的有 26%。預估到 2016 年，會有高達 55%的英國業主總是會聘用 BIM 顧問，而美國的業主中總是會聘用 BIM 顧問的會有 16%，常常會聘用 BIM 顧問的會成長到 40%。
- ◆高達 88%的英國業主都有對 BIM 應用之成效進行評估與分析，而美國的業主僅有 16%有進行成效評估。
- ◆英國與美國的業主都希望(1)設計顧問能有更強的 BIM 能力，因為模型發展是 BIM 應用的基石；(2)能更有能力去應用模型於營運維護階段；(3)能有模型發展與交換之標準，以利生命週期中各團隊間之合作；(4)營造廠、分包商及製造商的整體 BIM 應用能力能更強。

根據張國儀、謝尚賢 2015 年「英倫見聞筆記：上行下效推動 BIM」一文「英國推動 BIM 採用的是循序漸進，分階段提昇策略，一方面與 CAD 技術時代的應用(即推動進程圖中的 Level 1 階段)儘量接軌，另一方面以 Smart City(智慧城市)的應用實現(即推動進程圖中的 Level 3 階段)為更長遠的標竿，在現階段(即 Level 2 階段) BIM 導入應用中，則透過「軟著陸」

(GSL; Government Soft Landing) 標準化流程，建立起一套完整的產業供應鏈，並透過如 RIBA (Royal Institute of British Architects) 等專業協會來定義分工項目。在作為上相當按部就班且切合實際，非常值得臺灣借鏡。」

綜上所述，可以發現目前英國開始大量談論或引入 BIM Level3 的觀點，營造進入 Level 3 之後的發展。但是同樣觀察英國 NBS (National Building Specification) 2016 年公布的國家 BIM 報告 (National BIM Report 2016)。

表 1 受訪者主要專業為何



資料來源：National BIM Report 2016，UK

可以發現在調查中多半為建築師專業，加上建築技術專業共計約 51%，足以在報告中佔有主導地位。然而在筆者訪問新加坡的 Arup Singapore 公司，就 BIM 在工程發展進行交流時，主事者 Andrew Henry 先生表示，目前並不認為英國在工程這個部分已經進入 BIM Level 2 的階段。以雙方說法皆採信的前提下進行分析，對比受訪者背景，有可能是英國在建築全生命週期前端的規劃設計階段已經大幅度的推廣，並且促進建築規劃設計的受訪者運用 BIM 的意願與進入實際使用的階段，在規劃設計階段扎實的跨入 BIM Level2 的階段，但在工程施工以及後續的維護營運上，卻少見 BIM Level2 帶來的影響或痕跡。

在受訪者專業分析表中同樣可以發現，在景觀建築師（Landscape Architect）、室內設計師（Interior Designer）、土木結構技師（Civil engineer & Structural engineer）、設施管理者（Facilities Manager）等皆為少數的比例，各約 1~2%，在受訪者中所佔比例甚低，是否使用 BIM？因為比例過低變的無關緊要。顯示這個調查是可以合理懷疑有意的將規劃設計階段使用 BIM 的受訪者比例提高，較易達成普遍使用 BIM 的繁榮昌盛結果。事實上 BIM Level 2 的達成，如何定義成功？本研究目前還沒有找到英國明確的全面性定義，只能依據現有結果來判斷，在規劃設計的階段英國可能已經達到 BIM Level2 的目標，但是在工程施工階段卻還是初步推動階段，至於 e-plan check 的政府應用，依據新北市政府「104 年度推動 BIM 於建築管理發展計畫之出國考察」內容，英國現階段尚未開始執行。可見得英國的 BIM Level 2 在精神上已經是造成全面進入的狀態，但在工種配合以及建築生命週期各階段的串連上還需要逐步跨入。

第二節 培育 BIM 操作人員的發展

參考國外對於 BIM 的人事費用，以英國 ARCHITECTURE SALARY GUIDE 網站資料為例，Architecture Salary Guide for Architects by Architectural Designers。BIM Manager 的薪資大約為 5 萬英鎊，1：43 匯率計算時，約為 215 萬新臺幣。

資料來源：<http://architecture.co.uk/salary-guide/>

表 2 英國 BIM 從業人員薪資概估 (Aug01, 2016)

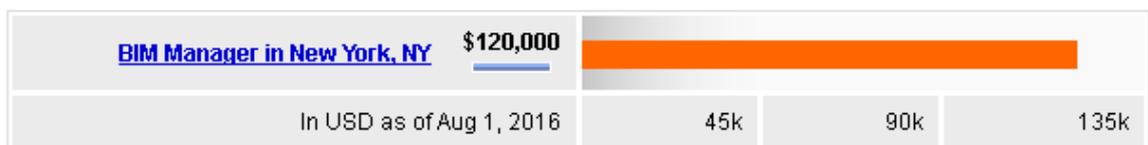
Architecture (Experience)			
	Low	Medium	High
Part I (Graduate)	£18,000	£20,500	£23,000
Part I (1-5 years)	£19,000	£23,000	£26,000
Part II (Graduate)	£23,000	£26,500	£30,000
Part II (1-5 Years)	£25,000	£29,000	£33,000
Architect (Recently Qualified)	£30,000	£33,000	£35,000
Architect (1-3 years)	£32,000	£36,000	£39,000
Architect (3-5 Years / Project Architect)	£37,000	£41,000	£45,000
Senior Architect	£40,000	£44,000	£50,000
Architectural Technicians (Experience)			
	Low	Medium	High
Technicians (1-3 Years)	£22,000	£26,000	£30,000
Technologist (3-5 years)	£27,000	£32,000	£38,000
Senior Technologist (6-10 Years)	£34,000	£44,000	£50,000
Senior Positions			
	Low	Medium	High
Associate	£40,000	£50,000	£60,000
Associate Director	£50,000	£60,000	£75,000
Director	£60,000	£75,000	£95,000+

Architecture (Experience)	Low	Medium	High
Partner	£90,000	£105,000	£120,000+
BIM	Low	Medium	High
BIM Coordinator	£38,000	£42,000	£48,000+
BIM Manager	£45,000	£50,000	£60,000+
BIM Consultant	£40,000	£50,000	£60,000+

在美國方面 BIM Manager 的薪資大約如下表，查閱美國大城市，紐約市大約為 12 萬美元，約合新臺幣 384 萬元。

表 3 美國紐約市 BIM Manager 薪資概估

Average Salary of Jobs Matching Your Search



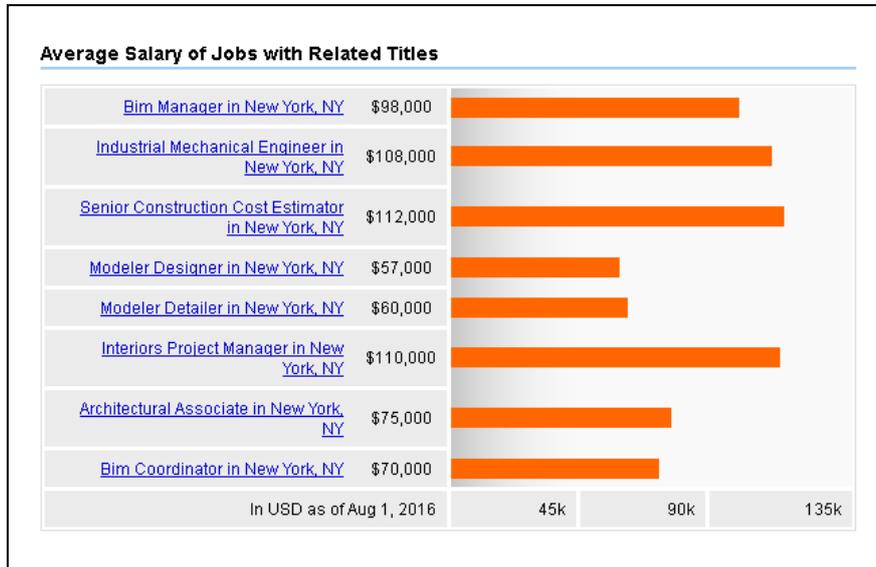
Average BIM Manager salaries for job postings in New York, NY are 36% higher than average BIM Manager salaries for job postings nationwide.

Cloud 資料來源：<http://www.indeed.com/salary/q-Cloud-System-Architect-1-New-York,-NY.html>



資料來源：<http://www.indeed.com/salary/q-Cloud-System-Architect-1-New-York,-NY.html>

表 4 美國紐約市 BIM Manager 等相關從業人員平均薪資



資料來源：<http://www.indeed.com/salary/q-Cloud-System-Architect-1-New-York,-NY.html>

根據 PayScale 網站，BIM Manager 大約年薪澳幣 10 萬 5,435 元，約合新臺幣 256 萬 8,400 元。其中對於年資的累積產生的薪資影響如下圖表示，約於達到 10 年工作經驗後薪資大幅度提升，但在此之前 10 年內的薪資基本上沒有增長空間。再者，討論到相關行業中，BIM Coordinator 在該網站僅收到 22 份薪資資料，對比其他數百份甚至上千份的薪資資料，屬於求職市場中極少釋出的職位，同時薪資水準也是相關行業中最高。

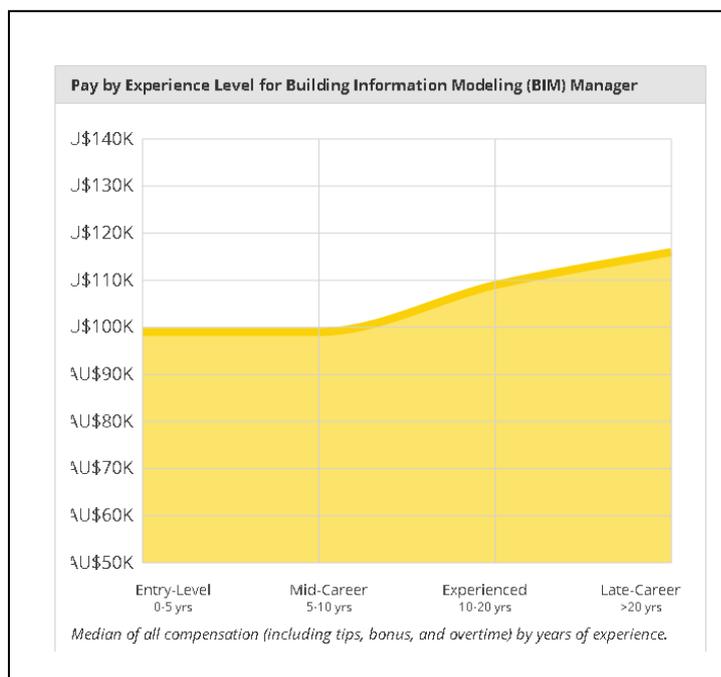


圖 2 澳洲 BIM Manager 因應經驗累積的薪資成長趨勢

資料來源 [http://www.payscale.com/research/AU/Job=Building_Information_Modeling_\(BIM\)_Manager/Salary](http://www.payscale.com/research/AU/Job=Building_Information_Modeling_(BIM)_Manager/Salary)

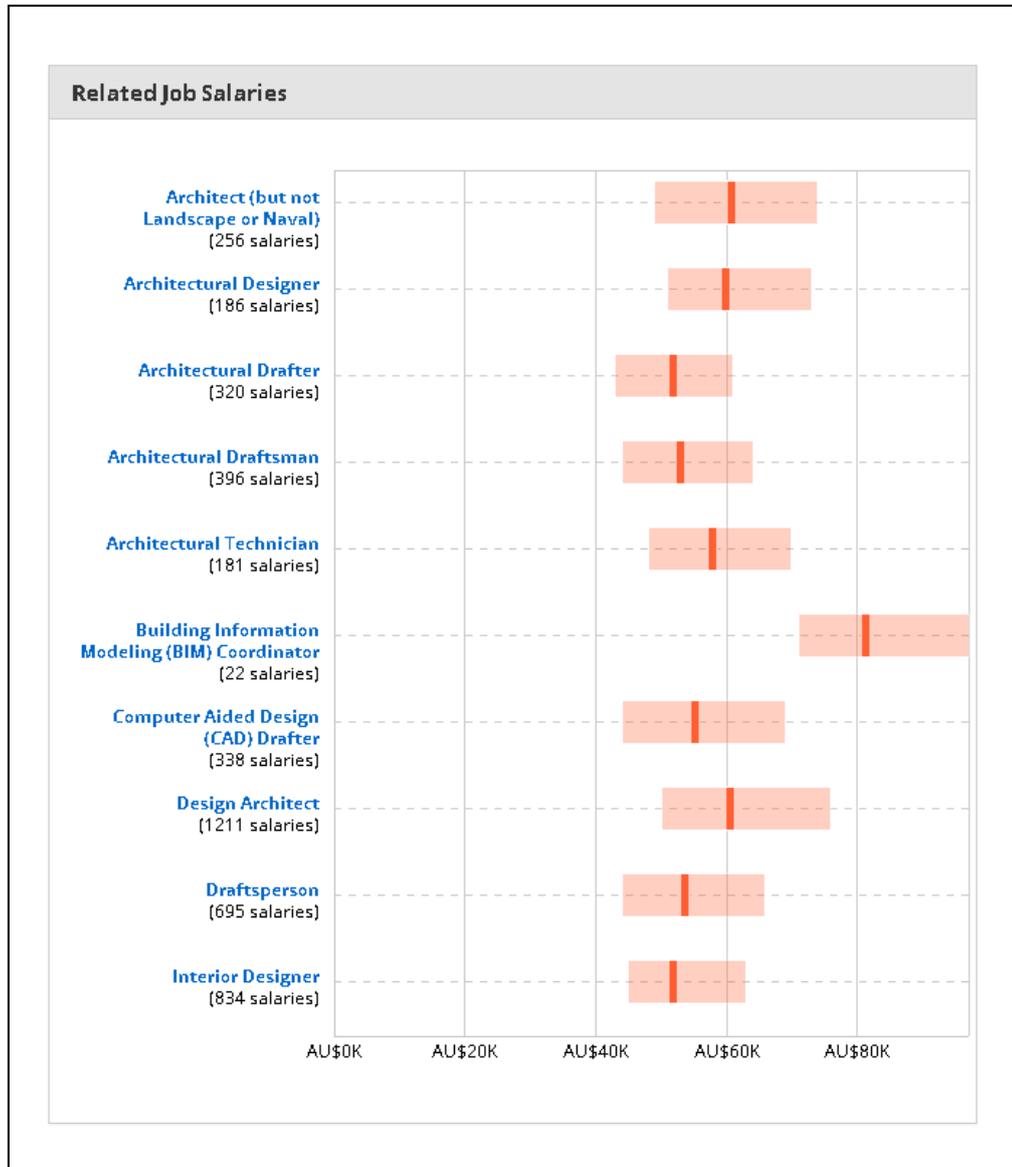


圖 3 澳洲 BIM Manager 相關行業薪資範圍

資料來源：[http://www.payscale.com/research/AU/Job=Building_Information_Modeling_\(BIM\)_Manager/Salary](http://www.payscale.com/research/AU/Job=Building_Information_Modeling_(BIM)_Manager/Salary)

同時筆者 2016 年 7 月在新加坡得知從事 e-Submission 平臺的工作人員薪資大約為 8,000~1 萬新幣，換算為新臺幣年薪 230 萬~288 萬元。

各地培育 BIM 操作人員的機構主要在英國為 BRE，培訓的課程不單只有 BIM 還有其他建築產業相關訓練課程，其中對於 BIM 的培訓目前主要是

- (1) BIM Level 2 Fundamentals (£785.00)
- (2) BIM Level 2 Fundamentals - exam only route (£350.00)
- (3) BIM International training (BIM Level 2) (£700.00)
- (4) BIM Level 2 BS1192/2 Project Information Manager (PIM) & Task Information Management (TIM) training (£785.00)

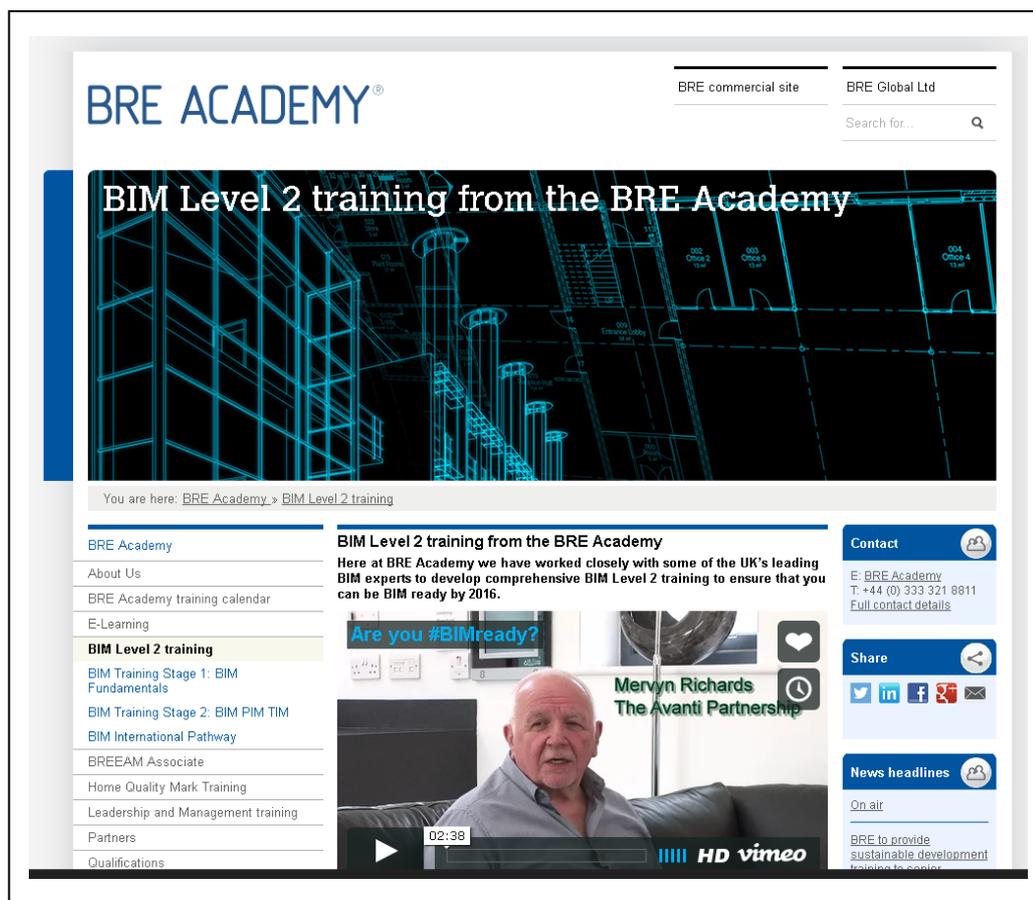


圖 4 英國主要 BIM 訓練機構 BRE 提供 BIM Level 2 訓練

資料來源：<https://www.bre.co.uk/academy/page.jsp?id=3516>

其中 BIM International training (BIM Level 2) 在 2016 年 9 月及 10 月有在馬來西亞吉隆坡 (Kuala Lumpur, Malaysia)、杜拜 (Dubai)、印度新德里 (New Delhi, India) 等區域舉行培訓課程。以這個課程為例，主要在講這 2 天的課程安排裡會透過引進英國與國際間最佳的 BIM 實踐案例，告訴國際間的建築專業人員如何建立 BIM 的標準、方法與程序。介紹英國對於運用全球資源達到 BIM Level 2 水準的要求，涵蓋國

際發展 BIM 的標準 ISO 19650 系列（同時包含 PAS1192-2 及 BS1192:2007）。同時深入瞭解 buildingSMART 聯盟的國際標準、其他相關的 ISO 標準，國際認可的良好範例和其他國際間推動 Open BIM 的作法。

課程的目標在向與會者提供一套有效的基礎知識，可以在本地與國際間產出一致的 BIM 模型，這是通過新興的國際資訊管理標準，如 buildingSMART 國際標準達成。這套方法受到國際間的認可，促進 Open BIM 在設施管理的互動。

完成本課程後，參加者將能夠定義關鍵 BIM 術語，了解 BIM Level 2 的要求，優點和採用 BIM 的障礙，同時對於關鍵文件，職責，流程，而且能夠成功在公司和案件中實現 BIM 的應用。

課程由 7 個核心模塊和開卷考試；核心模塊組成：

模塊 1：BIM 的定義

模塊 2：BIM 應用現況（英國案例研究）

模塊 3：BIM 應用現況（國際）

模塊 4：案件生命週期裡使用 BIM

模塊 5：資訊管理

模塊 6：標準，方法及程序

模塊 7：實施 BIM Level 2

課程考試結束

參考相關推動 BIM 卓有成效的國家，如新加坡以 BCA Academy 作為主要訓練機構，以 2016 年 8 月 1 日網頁上的訓練課程計有下列 BIM 訓練課程：

專業認證課程：

(Certification Courses for Professionals / Specialists)

(1) BIM Planning (Building Developers and Facility Managers)
(2 days)。

(2) Certification Course on BIM for MEP Coordination(2 days)。

(3) Certification Course on BIM Management(4 days)。

(4) Certification Course on BIM Modelling (Architecture Track)
(4 days)。

- (5) Certification Course on BIM Modelling (MEP Track) (4 days)。
- (6) Certification Course on BIM Modelling (Structure Track) (4 days)。

短期在職訓練：

(Short Courses for Continuing Development)

- (1) BIM Quantity Take-Off
- (2) BIM Scheduling and Process Management(2 days)。
- (3) CORENET e-Submission System Training(1 days)。

然而，就這些訓練內容看來，拓展使用 BIM 的人口主要還是著眼在最容易轉換使用 BIM 的人員，也就是處於規劃設計階段的建築從業人員與機電從業人員等。這些訓練課程在立即展現 BIM 的好處及 3D 效果極為顯著，很容易就可以將使用者歸入 BIM 的使用者，但是目前除了這個階段之外，少有後續工程施工以及維護管理的 BIM 課程介紹。搜尋我國目前 BIM 相關課程，少數如資策會開設「建築資訊模型(BIM)應用於智慧建築與資訊機房」的機房管理課程與 BIM 的維護管理相關，相關的內容仍然是少數。

第三節 BIM 應用在設施管理(FM)的發展

根據「設施管理者的 BIM 指南」第 2 章指出，BIM 大部分的功能是在設計與施工，要納入與使用 FM 是一個複雜的問題，並不像 AEC 那麼簡單。而要在 FM 使用 BIM，沒有一般所謂的「最佳實踐」，使用任何軟體技術，包括 BIM 在內，在 FM 上會因為機構的使命與支援機構基礎設施的需求而有所不同，大多數設施機構所需要的資訊也相當多樣化。以英文字母縮寫代表的企業數據系統-CAFM(電腦輔助設施管理)、CAD(電腦輔助設計)、IWMS(整合工作場所管理系統)、CMMS(電腦化維護管理系統)、ERP(企業資源規劃)、EAM(企業資產管理)，再加上單獨的軟體應用程式如試算表等，這些都是目前用來支援設施管理所需得的各種資訊。

在 FM 裡使用 BIM 的優點包括了統一的資料庫、有效支援各種分析(特別在能源及永續經營)、重視物件位置及提供數據、支援緊急應變保全等。雖然 BIM 的本身並不支援設施管理，卻可能被用來提升許多建築生命週期的需求，其中包括「有效開發工程的 BIM 樣板」、「規則化的工程交付」、「空間管理」、「視覺效果」、「能源與永續經營管理」、「緊急狀況管理/保全」、「即時數據的顯示」。對於 BIM 在 FM 的應用，該書認為需要整合多樣的企業數據系統，包括現有設施系統、地理資訊系統、建築自動化系統，甚至是企業資源規劃系統。同時 BIM 系統與 CAD 系統會同時存在一段時間，需要開發 BIM 的部署計畫與機構的標準，作為成功運用 BIM 的基礎。

依據王昌昀等(2012)對於 BIM 在營運管理階段的應用，討論到 BIM 模型應用於設計到竣工約略是 5~6 年期間，後續建築物的營運期至少 50 年或超過 100 年。依據 2007 年物業管理及防災國際學術研討會中提出，以辦公大樓經濟生命週期 40 年計算，各階段支出費用百分比，規劃設計約佔 0.7%，施工階段約佔 16.3%，使用營運階段約佔 30.6%，維護階段約佔 32.1%，修繕階段約佔 15.6%。依數據來看普遍認定 BIM 發揮最大效益是在建築營運期間設施管理(Facility Management，簡稱 FM)應用。

依據國際設施管理協會(IFMA)的定義，設施管理是一門多重專業領域專業，藉由人、空間場所、流程與技術的整合，確保建築環境各項功能得以有效的發揮。所以 BIM 為基礎的設施管理基礎在於竣工 BIM 模型的空間資料、

相關設備的維護手冊等外，還需整合各建築管理單位所訂定的設施維護管理流程，並另行建置符合營運管理人員使用的系統。設施管理系統可發展的建議方向有幾點：操作介面簡易、獨立資料庫、行動化、主動預警、空間管理及後續維護。

- (1) 過多資訊：BIM 軟體畢竟是工程師及設計師所用之軟體，對於設施管理人員而言介面過於複雜，若軟體操作過於複雜則造成推廣的抗性，維護管理功能應以簡易操作概念建置軟體介面，提升使用效率。
- (2) 不易閱讀：BIM 模型本身即是資料型態所組成，但非一般軟體所能解譯之資料庫，後續附掛維護手冊及現況照片不易，另外，管理功能著重於資料統計及搜尋速度，且要能與外部系統溝通，故從 BIM 模型輸出能獨立的資料庫是必要的，建立類似傳統設施管理應用的「設備資料卡」。
- (3) 需要易於清點：設施管理與設備報修及盤點工作息息相關，所以新型態設施管理必定要以數位化管理方式來執行，目前兩種方式來執行，一、特定設備，如：監視器、偵溫感知器等中央控制系統監控，以 ICT 技術主動傳遞及感知相關資訊，主動顯示故障位置。二、廣泛型的設備，如機電管線及一般辦公家具，則以行動設備(平板電腦或智慧型手機)及二維條碼進行數位式盤點，縮短盤點及維護周期，有任何更新資料都可以同步到統一資料庫，成為設施歷史紀錄，供統計查詢使用。
- (4) 主動預警：所有設備皆有使用年限，有些設備壞了再換無妨，但有些設備若未能在使用年限內維護或更換，將造成建築使用機能的故障，甚至會衍生工安問題。所以在重要設備中需註記使用年限資料，設施管理系統就能預警顯示，並顯示設備在 3D 空間的位置，提升維護效率及安全性。
- (5) 空間管理：設施維護管理另外一塊是空間使用的管理，包含空間租借管理、空間設施分佈管理、空間使用性質及空間坪數資訊。
- (6) BIM 模型更新與優化：空間及設備的更替是一定會發生的，所以 BIM 模型必須持續維護相關的變動，設施管理系統也必須很簡易的與 BIM 模型同步化，提升管理資訊的有效性，使得設統管理得以永續經營。

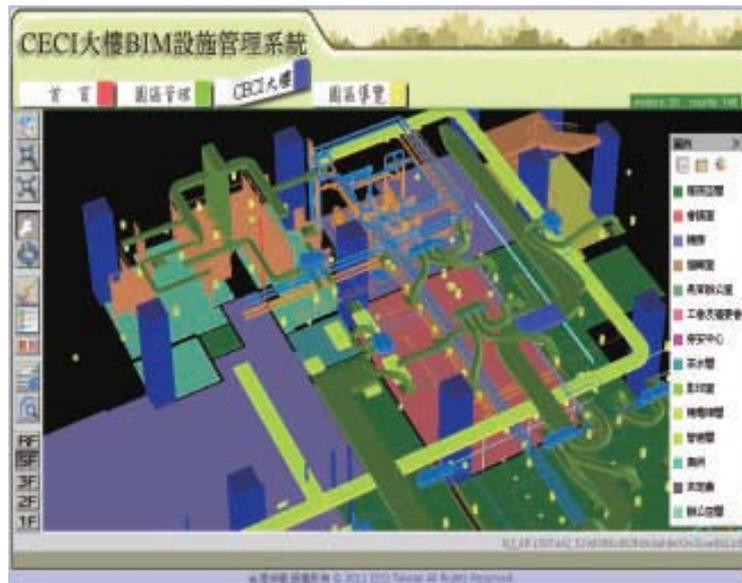


圖 5 BIM 設施管理系統

(資料來源：王昌昀等 (2012)；圖片來源：台灣世曦)

依據王昌昀等 (2012) 參考內政部建築研究所智慧建築標章內容，發覺智慧建築標章更將設施管理業務區分為「使用管理」與「建築設備維護管理」兩大項，智慧建築揭示之理念，乃將傳統設施管理與智慧化 ICT 設備整合，達到系統上的整合。雖然目前設施管理概念仍以 2D 平面為基礎發展相關儀器控制及管理介面，但以 3D BIM 的空間幾何資訊、GIS 地理資訊及設備資料庫為基礎發展的 BIM 設施管理系統與智慧建築所要求之智慧化系統整合將是未來發展。

以澳大利亞政府對於維護管理的發展，由 2006 年開始運作的 Australian Government' s FM Action Agenda 中著重影響產業發展的五項重點：設施管理對澳洲經濟的重要性 (Facilities management in the Australian economy)、創新 (Innovation)、教育與訓練 (Education & training)、監督與改革 (Regulatory reform)、永續性 (Sustainability)。

Facilities management contribution	GDP (\$m)	Employment ('000)
Direct management component	1,982	16
Direct service supplier component	6,662	119
Total direct	8,644	135
Total indirect	3,753	37
Combined direct and indirect	12,397	172
Combined share of Australian economy	1.65%	2.1%

圖 6 設施管理對澳大利亞經濟的貢獻 (2002~03)

資料來源：MANAGING THE BUILT ENVIRONMENT Facilities Management Action Agenda,p.6

在 BIM 的資訊交換過程裡，根據「設施管理者的 BIM 指南」第 2 章指出，可運用的內容大致上為設計繪圖階段常用的工業基礎類別（Industry Foundation Classes, IFC），屬於由 building SMART 聯盟開發的無關廠商的開放標準格式；適合施工階段的施工操作建築資訊交換（Construction Operations Building information exchange, COBie）是由美國陸軍工程兵團工程研究與發展中心（Engineering Research and Development Center, ERDC）贊助及研發用來改善傳輸到業主與營運者的工程數據，COBie 是用來組織建築工程過程中所發展與積累數據的一個架構，用來交付給負責設施生命週期管理的業主與管理者。

上述的 IFC 及 COBie 版本都在持續開發更新，COBie 最終可能會提供一個數據結構，將數據從 BIM 應用程式無縫轉換到 FM 數據系統（IWMS、CAFMS 或 CMMS 系統），但目前 COBie 仍然把數據組織成兩種形式（1）一系列結構化與相關連的試算表（Excel）與（2）bSa 的 MVD(model view definitions)。

COBie 的資訊是在工程的不同階段，由多數的參與者：建築師、工程師、施工規劃顧問、製造商，以及其他人員來編纂的。只有某些典型 COBie 所交付的所需數據是在 BIM 編輯程式中開發。許多 BIM 的軟體商正在透過提供支援數據開發的外掛開發應用程式來支援 COBie 架構。其中包括 Bentley、ArchiCAD、Vectorworks 以及 Autodesk 的 Revit BIM 應用程式。

Re-usability

- One input, many outputs

Checkability

- One input, many checks

Interoperability

- One format, many paths

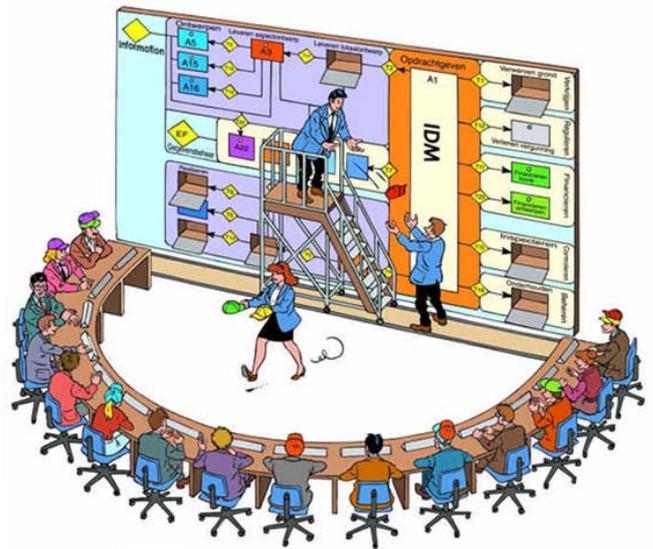


圖 7 數據因為 3 項重要性質所以需要文件化 資料來源：COBie-UK-2012

IFC 起源於 buildingSMART，是一個國際性的非營利組織，主要的目標是訂定跨平台協同作業國際標準及分享建築資訊模型。1994 年共 12 家美國軟體公司聯合起來希望建立一套標準。1995 年 10 月正式成立 IAI 組織(International Alliance for Interoperability)，並逐漸將他們的理想推廣到全世界，目前在全世界已擁有 13 個分會、22 個會員國；IAI 在 2006 年改稱為 buildingSMART。IFC 為一項開放式資訊交換標準，目的在使整個建築物生命週期所有資訊能夠整合在一個 BIM 之中，讓生命週期中所有軟體能夠共享及資訊交換。

目前 ISO 組織(International Organization for Standardization)已經將 IFC 納入 AEC/FM 領域中的資料統一標準，IFC 格式不僅包括實體的建築元素，例如牆、樑和柱等，也包括了抽象的概念，如計畫、空間、組織及造價等。IFC 運用 BIM 概念實現建築生命週期資訊共用的基礎，此一標準為解決資訊交換與共用問題的途徑，基於此統一標準，資料即可以在不同的系統之間使用此共同語言相互流通和轉換(buildingSMART, 2009)。

IFC 的整體分為四個層次，每個層次又包含數個模組，但一般的開發應用人員無需了解 IFC 標準內容的全部，在清楚整體框架與核心結構的情形

下，僅需了解對應的部分即可，例如想了解幾何資訊，便可在資源層的幾何模組中查找。IFC 其最大優點為互操作性(Interoperability)，也就是可在不同系統平台間分享及流通資訊。IFC 提供非常詳細的結構元件來描述三維建築物。

在各項運用階段裡，目前大部分已經導入 BIM 的國家進行到 BIM Level 1 的 3D 部分，相互交換 IFC (Industry Foundation Classes) 檔案或 IDM(Information Delivery Manual)檔案，以因應一個案子在處理不同的工程時，需要使用數套不同的軟體同時協調運作的狀況。

第四節 設施管理(FM)的檔案交換與儲存

根據內政部建築研究所 104 年度「臺灣 COBieTW 標準與使用指南規劃與雛型建置」成果報告指出，「物業管理是建築物真正產生價值的階段，相較於其他階段，也是建築物生命週期中所需資源最大的一個階段。有效率的物業管理可以讓建築物在使用期間所耗損的資源下降，可以讓使用品質提升，並且可以延長建築物的使用年限，降低廢棄物的產生與對環境的衝擊，進而發揮建築物最大的效用。」

COBie 標準是由美國陸軍工兵單位所研發，旨在建築物設計施工階段就能考慮未來竣工交付營運單位時設施管理所需資訊的蒐集與彙整，這對建築物建立一套營運維護期有效率的設施管理機制相當有幫助。COBie 稱之為施工營運建築資訊交換標準，是一種資訊交換標準，主要是在設計、施工到營運階段和管理過程當中，所獲取的資訊之標準。這些資料數據是由建築師、工程師提供樓層、空間或設施的佈局，或是承包商提供的設施產品序號、型號等，即是建築師、承包商，以致於建築專案參與人皆可在各階段輸入相關資料供後續管理人員方便地使用。

建築生命週期所有的前置階段，包括規劃設計與工程都是為了讓建築物能夠在有效率的營運與管理下發揮使用的效能。營運管理所需的初始資訊必須在建築物竣工落成前的各個階段分別由建築師、營造廠、技術顧問、承包商與供應商等不同專業參與者提供建置。這個過程中，不同專業的參與者承接其他資訊提供者的資料，進行整理後並交付給下一個階段的資訊承接者，其過程複雜而有高度資訊流失的風險。因此需透過嚴謹而標準化的作業流程與資訊交付內容及格式的標準規範才能確保建築物竣工之後交付到營運管理者手中的資訊是正確、完整，並具有適用的格式，能在營運管理階段運用有效的資訊工具來提升管理效率。

施工營運建築資訊交換(Construction Operations Building Information Exchange, COBie)是特別聚焦在提供建築物非幾何模型資訊的一個建築模型資訊的子集，所出版的一種資料格式。它與用在設計、營建和竣工資產管理的建築資訊模型(BIM)之方法密切相關，是由美國陸軍工兵軍團(United States Army Corps of Engineers)的 Bill East 領銜制定，他在 2007 年六月發表

了一份先導性的 COBie 標準。在 2011 年 12 月，它已被位於美國的國家建築科學研究所的總部批准，作為其國家建築資訊模型(NBIMS-US)標準的一部分。在 2013 年初，BuildingSMART 正在為 COBie，COBieLite 進行設計一個輕量級的 XML 格式，並在 2013 年 4 月開始提供審查。2014 年 9 月，一個 COBie 實務法規，已成為一個英國標準：“BS1192-4：2014 協同資訊產出 Part 4：使用 COBie- 業務規範實現業主的資訊交換需求”。此外預計在 2015 年推出之 NBIMS V3 中，已確定將 COBie 2.4 版標準納入。綜合來說，COBie 的定義是：

- Internationally recognized data exchange standard [國際公認的資料交換標準]
- Exchange building systems information between design & construction with building owners [在設計施工與業主之間交換建築物系統資訊]
- Format for delivering construction handover data [提供施工移交資料的格式]

使用 COBie 有助於在工程起跑點上，就開始擷取和記錄重要的專案資料，包括設備清單、產品資料表、保固、備料清單，以及預防性維護計劃等。一旦建築物竣工資產正式投入服務期間，這些資訊在支援營運、維護和資產管理方面，是必不可少的。COBie 已被納入規劃、設計、施工、讓、營運、維護和資產管理的軟體裡面。COBie 可能以幾種資料格式來呈現，包括電子試算表、STEP- Part 21(也稱為 IFC 檔案格式)，以及 ifcXML。本研究整理出 COBie 的特性如下：

- COBie is primarily textual information [主要為文字形態的資訊]
- Organized data in electronic form [以電子形式組織資料]
- Attributes Increase as model progresses [屬性隨模型發展進程增加]
- COBie is primarily textual information [主要為文字形態的資訊]
- Organized data in electronic form [以電子形式組織資料]

- May use graphical information for visualization [可以使用圖形資訊視覺化]

目前在物業管理實務上常發生的問題是移交給業主供營運維護的資料缺乏一致性與實用性，從施工端到營運維護端的資訊傳遞需要符合兩項特性：

1. 支持營運、維護和管理設施的操作(Support the operations, maintenance, and the management of the facilities)

- 委託(Commissioning)
- 設施管理(Facilities Management)
- 資產管理(Asset Management)
- CMMS(電腦化的維護管理系統)
- 文件管理(Document Management)

2. 方便的文件交接 (Facilitate of documentation handover)

- 設備清單(equipment lists)
- 產品數據表(product data sheets)
- 保證書(Warranties)
- 備用零件清單(spare part lists)
- 預防性的維護計畫(preventive maintenance schedules)

COBie 的概念是當工程專案正在設計、施工、驗收測試時就順便輸入所創建的資料。設計師提供樓層、空間和設備佈局。而承包商提供安裝設備的製造廠牌、型號和序列號。大部分由承包商所提供的資料，或直接由產品製造商參加 COBie 操作的。從 COBie Excel 表格來看，一張工作表中有每個資訊型別(Type)，工作表有標準格式，並且搭配彩色編碼，在工作表上可用揀選列表(PickLists)以鏈接資訊，文件列表可參照到外部檔案，也可以依照客戶要求客製化。

表 5 COBie 各圖紙說明

Sheet 圖紙	Content 內容	註解
Contact	聯絡人，包含該企畫中的個人及公司列表	通訊錄
Facility	包含被交付的設施資訊	設施基本資料
Floor	包含該設施的垂直層級資訊	樓層簡介
Space	在指定的垂直或樓層層級中，空間的水平組織資訊。通常是參照建築師所定義的設施內實際房間	空間名稱
Zone	包含空間組織的群組在相關的種類中，用來支持設備中的設計或運作功能。為了達到一致的結果，必須在計劃或企畫階段由業主定義	空間使用或特性
Type	包含設施中所管理的資產資訊。被組織化，去簡潔的提供構件、公共財產、需要的運作管理資訊的清單	型錄
Component	包含每一件被管理的資產的具體情況資訊。大部分此類資訊是被識別的	安裝日期、啟用日、使用期限
System	包含資訊去描述建構群組如何組織在相關的種類之中，以實踐設施的建築服務	系統
Assembly	包含產品內部的資訊，產品本身是由其他產品所構成。在某些類型的組件中，其內部的部件具有不同的維護計畫	設備中的小構件
Connection	包含組件之間的邏輯資訊。以幫助管理人員在轉動斷路器或閥門時，確定對構件上游及下游的影響	親屬關係
Spare	提供一個機制使各類資產管理的營運管理所需的備件、替代物、消耗品可以被辨識	備件

Resources	提供一個機制，使維護活動中的需求可以被傳達，包含原料、設備與訓練等	需要的資源(能源)
Job	提供一個機制，使預防性維護、安全、測試、營運、緊急程序可以被傳遞。可包含操作或任務的一系列的描述	作業手冊
Impact	提供一個機制使各種設施對環境與住戶的影響可以被捕捉	紀錄影響狀況
Document	提供一個機制使許多種類的外部文件可以被索引，以及文件的資訊可以被捕捉	外部連結
Attribute	提供一個機制使許多種類的屬性可以被捕捉。最低的標準是包含設計計畫的標題	屬性表
Coordinate	提供一個機制，藉由具體指定一個最小的點、點、箱形幾何去參考物件	XYZ 軸定位
Issue	提供一個機制藉由文字描述問題和該項目在該階段所做的決定，使問題資訊可以被捕捉。問題可能涉及 COBie 文件中的單個資產，或附屬於兩個資產的某方面	記錄問題
PickLists	在 COBie 表單中的類型和其他選擇列表，用來手動填寫資料的欄位直	欄位填寫選項

資料來源：內政部建築研究所 104 年度「臺灣 COBieTW 標準與使用指南規劃與雛型建置」

註：COBie 表格顏色所代表的意思，黃色:必要資訊；橙:參考其他表或選擇列表；紫:專案需要資訊；綠:選擇性資訊；灰:次要資訊(當有設施資料時)；藍:區域、所有者或設施的具體資料。

第三章 英國對於 FM 運用 BIM 的案例

英國對於 BIM 的態度，像是面對產業升級的再造過程，查閱相關資料的過程中可以發現，英國不僅僅在營建工程這件事情上討論 BIM，在英國鋼鐵產業發展策略上也可以見到 BIM 的影響評估，如果將鋼鐵業產品視為營建產業中的模組構材，其他可以模組化，產品也可以放入營建產業中應用的產業，同樣會受到 BIM 的影響與衝擊。而查閱英國資料時，很有趣的一點就是在海量的資料裡，發現原來 BIM 跟哪些原先沒有預料到的產業其實是相當有關連。

當 BIM 與很多產業的未來發展趨勢都會有應用上的關連性，最長久且密切的關連應該屬於 FM 產業了，本章就收集到的一些英國應用 BIM 處理 FM 的案例進行討論與分析，希望能從中獲得一些知識，提供各方參考。

第一節 Birmingham City University 案例

本案引用自該校的 Building Information Modelling for the optimisation of Facilities Management: A Case Study Review，英國人進行的個案研究。本案研究過程是透過一系列的訪談與執行廠商 Faithful+Gould、the Technologies for Sustainable Built Environment Centre(TSBE)的 Victoria Fillingham 等人在雷丁大學（University of Reading）對於 Birmingham City University 校園進行的研究。

本研究的摘要如下：「建築資訊建模（BIM）能夠實現設施設計的整體方法，建設和管理。然而目前的 BIM 實現，主要集中於案件生命週期的設計和施工階段，包括設計和工程團隊使用 BIM 3D 資訊來分析和預測設施性能。資訊建模可以幫助建築操作者進行現有數據收集，使資產管理流程更有效率，並可以改進維護程序，能夠進行全生命週期成本計算。此外，從設計的最初階段，在模型內納入業務資訊，可以便利委託/擁有，管理和維護大量的建築物的終端用戶運用。在所有的生命週期的階段，能夠優化未來有關資產管理和維護的決策。了解使用 BIM 協助建築運營商做出決策的機會關於終身管理和維護，我們用一個以教育教學為目標的案例研究，回顧伯明翰城市大學（BCU）如何使用 BIM 以維護多學科發展的伯明翰藝術與設計學院（BIAD）。研究考慮在案件生命週期的每個階段，以及供應鏈的可以接受的狀況下收集在 BIM 協作運用的經過。通過獲得的定性數據利益相關者訪談和相關文件和模型的主題映射結構；強調幾個核心領域的考慮，以促進 BIM 使能夠納入設施管理。本文討論了一些成功和挑戰，此外提供未來 BIM 採用的經驗教訓。」

本研究緣起在於英國建築業長期以來一直被批評未能準時生產建築資產，在預算內成功地滿足由用戶定義的標準和要求（Latham，1994; Egan，1997; Egan，1998）。2011年，英國政府決定通過強制建築資訊建模（BIM）來應對這些挑戰提高效率和降低相關成本的途徑。到2016年，“完全協作3D BIM“作為生產產品和資產的方法所有公共資助項目的資訊（HM政府，2011）。這些初始目標已經演變為規定通過使用 BIM 的預期成本減少 33% 2025年（英國政府，2013年）；雖然擬定一個目標，然而沒有澄清，如果關鍵的節省應在初始資本支出（CAPEX）階段或在移交後進行業務支出

(OPEX) 階段。

如果我們認為所有生命週期成本的 85% 在運營期間累積階段的資產 (Korpela & Miettinen, 2013)，將重點轉移使用資訊模型是有意義的，在整個運行和維護階段，為了支持總項目成本削減。但是，採用先進的資訊建模技術在這些階段需要理解的過程和相互作用利益相關者，以及相關資產數據的詳細要求。設施管理 (FM) 涉及許多利益相關者負責各種任務範圍從硬體維修問題，如門的現場維護 (Olomolaiye, et al., 2004)，對軟體維護問題，如管理佔用者功能的組織或空間效率 (Olomolaiye, et al., 2004; Arayici, et al 等人, 2012)。有人認為使用資訊建模技術允許所有者和運營商減少生命週期成本 (Rundell, 2006); 優化資源效率 (Schuh, 2014)，並開發一種綜合方法來取得和運用關於建築部件和系統的知識 (Motawa & Almarshad, 2013)。將適當的資訊用於設施管理，在正確的時間和正確的格式，或者更大的機會在整個資產生命的運營細化過程。儘管 BIM 對設施的潛在好處有很多，但沒有證據表明其在整個生命週期中成功地用於項目的建築資產。使用伯明翰城市大學市中心校園的案例研究重新發展，這項研究旨在整理更多的資訊表示如何在設計和施工階段採用資訊建模以支持主動和在運用和操作階段的預防性維護。具體來說，第一階段 Parkside Building 開發項目被選為本研究的重點，由一個擁有建築物股票和經營權的 FM 團隊，了解如何使用 BIM 策略來加強大型管理方法。

在 The Parkside Building Development 計畫中，因為伯明翰城市大學 (BCU) 是英國最大的大學之一，有 25,000 名學生。為了使大學保持其創新機構的地位，不斷引進先進技術與設施，提出基本工程經費達 1.80 億英鎊的規劃方案，同時還增加了兩個全新的設施 (Fillingham, 等人, 2014)。這兩期工程的第一階段「園畔建築發展」，包括伯明翰藝術設計學院 (BIAD) 的設計和建造，和一個新的學生中心，提供額外的教學和行政設施。各種媒體空間，如電視，收音機和“綠屏”工作室，以及用於快速成型的車間，木工和陶瓷工廠 (Hall, 2015)，對其提出了具體挑戰服務和操作系統設計，但當建築於 2013 年 6 月是如期完成時，獲得 BREEAM 的“優秀”評級，EPC 評級為“B” (Fillingham 等人, 2014)。在案件開始時，大學的客戶團隊說明了他們的解決方案的目標將使他們能夠在其整個運營壽命期間更好地管理建築物。

執行維護管理的 Estates 團隊多年以一個基本的紙本管理架構來組織其運營資訊文件系統。BIM 為他們提供了開發他們現有的機會數據收集方法，同時鞏固和重新調整過程管理和維護其數據結構。除了提供一個“最先進的”定制資產，移交的策略需要一個“數據豐富”的建構模型，包含足夠數量的對象來建立鏈接在所有項目操作和維護（O&M）文件檔案和相應的對象。Estates 團隊需要一個單一的資訊來源的電子 O&M 數據庫，使他們能夠從一個典型的反應維護計劃，以更有效地預測和預防性維護。

這項研究的目的是調查如何採用資訊管理策略，使 Parkside 工程團隊引入創新的交付方法並維持資產；目的是確定變革領域和經驗教訓，以應用在未來的工程。與 BCU 設施管理團隊成員進行半結構化訪談，包含首席架構師，結構工程師，機械和電氣工程師，數量計算師和小型承包商；記錄每個利益相關者的學習之旅，以及公認的利益，挑戰和心得。面試問題的結構是為了反映過程的發展的 RIBA 工作計劃，從概念和設計開發到施工，調試和移交（英國皇家建築師學會，2013 年）。問題討論了採用“最先進”的關鍵任務，以列出 BIM 實施的方式潛在地改變了利益相關者的看法及其工作。概念映射是用於分析答復並確定與現像有關的研究主題資訊管理。想法被精確定位以進一步理解使用 BIM 來優化資產的運營管理的挑戰。



圖 8 整合模型檔案來尋找設計過程中的衝突



圖 9 模型中顯示未來完工後實際顯示出來的管線模擬

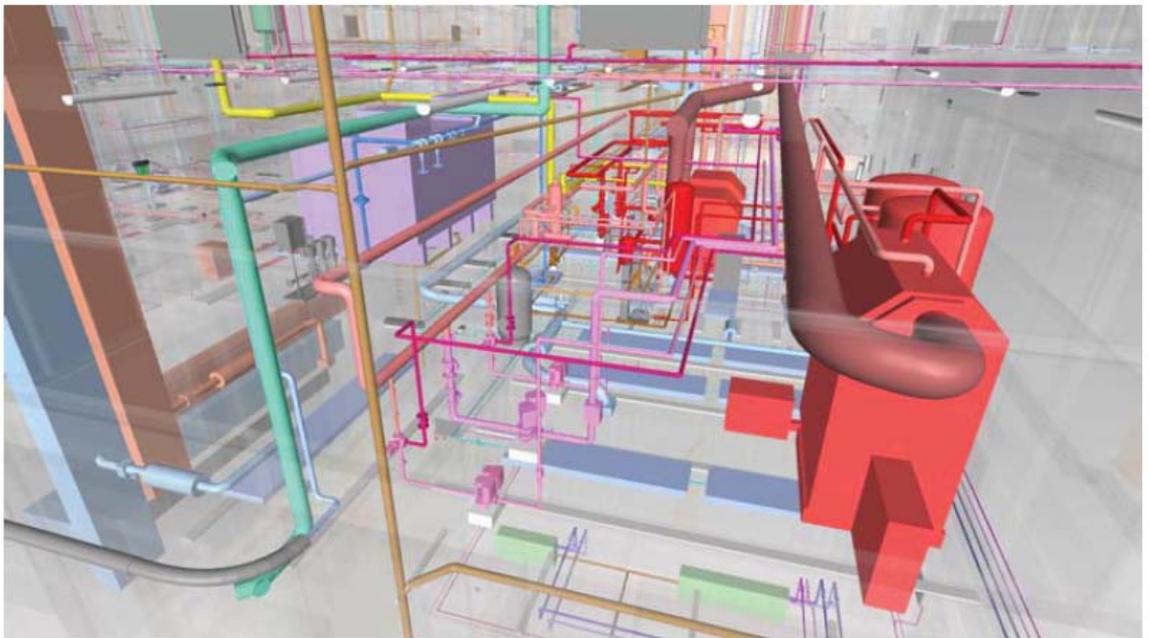


圖 10 模型可以讓維管部門用來訓練新人並且模擬維護狀況

為了 FM 從整個生命週期的角度創建資訊啟用模型的操作，使客戶團隊評估他們管理其資產組合的系統過程。在資訊的引入和分類方面測試 BIM

的能力為資產的使用階段開發智能解決方案，從停滯的資訊庫移開。了解所需的基本級別指標由設施維修技術人員和使用他們制定戰略和一套產出導致實物資產和數字工具的全面交付。

就整體而言，本案例的研究結論，發現當考慮設施管理的要求時，在技術上進行工作的要求，如維護通風單元的具體技術性，以及該工作的資訊要求，採用靈活的方法發展思想和優先事項是有益的。建築資訊建模提供了探索設施管理的理想和應用機會，以及模擬創新做法，對成本或時間沒有任何負面影響。資訊的高級使用，及時創建和交換，不僅允許設施管理被帶到設計決策的最前沿，但也以某種方式這樣做迫使不同黨派合作，發現和分享。

雖然伯明翰市大學的 Parkside Building 項目促進了迭代學習，個人利益相關者團體被賦予了一個獨特的機會，來測試他們對整個生命週期的支持。學科通常在自己的範圍內工作，而不是理解正在使用的設施的持續操作，有義務改變他們的觀點交付。探索如何支持直接學習的潛力的旅程，在模型空間內是不完整的。BCU 的客戶團隊強調希望進一步探索他們的技術人員如何使用這一數量的生成的數據支持每天現場活動。隨著設施的運行和及時數據不斷被取得，無論是通過基本流程，如用筆寫在紙上，或在模型數據庫內的高級輸入，未來進一步優化是一個富挑戰的機會。

本案例研究的結論強調了創新項目開發的機會在建築領域內，當強制利用 BIM 的設施管理過程。通過探索一個單一的項目，得出一項結論，雖然從 BIM 有許多好處，如加強合作和先進意識到長期過程，仍然有進步和完善的領域。BIM 對於 FM 是一個只有最近才開始探索的主題。然而，很清楚的是，只有通過學習一系列的案例，FM 才能夠開發未來的如藝術般的最先進解決方案，以實現我們對於資產長期節約的需求。

第二節 Northumbria University 案例

2013 年在英國倫敦舉辦的第 13 屆國際虛擬現實建築應用會議(The 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality) 論文集集中，BIM FOR FACILITY MANAGEMENT: A REVIEW AND A CASE STUDY INVESTIGATING THE VALUE AND CHALLENGES 一文中提到：「自從建築資訊模型(BIM)過程出現以及在設施生命週期中使用的 BIM 資訊可以幫助提高設施管理(FM)效率.....，本文的總體目標是調查 BIM 的增值潛力和阻礙其在 FM 中開發的挑戰。文獻綜述顯示，BIM 價值增加潛在因素源於改進當前手動資訊交接過程。它還提高了 FM 數據的準確性，並提高了工作訂單執行速度，訪問數據和定位干預措施的效率。這顯示缺乏真實世界的案例研究.....，本文案例研究是對位於英國新堡地區(Newcastle)的諾森比亞大學城市校園中由 32 所非住宅建築組成的現有資產進行的。這是為了根據經驗調查 BIM 在特定 FM 功能(即空間管理)中的價值。結果提供了 BIM 在提高 FM 工作單的效率和幾何資訊記錄的準確性方面的價值的證據。」



圖 11 諾森比亞大學城市校園(Northumbria University's city campus)



圖 12 依照 AIA 標準繪製的 BIM model 為 LOD 500 (左) 及 LOD 100 (右)

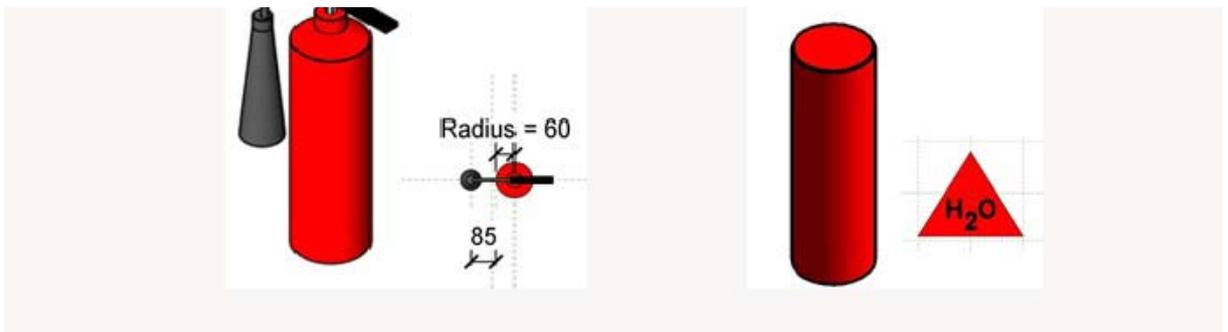


圖 13 滅火器 BIM Model 依照 AIA 標準繪製 LOD 500 (左) 及 LOD 100 (右)

在該文研究結論認為：BIM 應用已經在規劃，設計和施工階段得到了充分的討論和研究。BIM 在 FM 應用中仍然被認為是一個新興領域。在這個新興發展的早期階段，證明 BIM 在 FM 中的挑戰和價值是重要的。在本文中，進行了這樣的研究，結果證明 BIM 在 FM 中具有價值和潛力。BIM 在 FM 中的價值主要來源於：

- 改進目前人工處理資訊交接的程序;提高 FM 數據的精度。
- 提高工作執行效率，能夠快速的獲得數據和進行定位。這種價值來源於 BIM 提供數據豐富的可視化和整合數據的能力。

然而在 FM 中利用 BIM 的四個主要挑戰是：

- 雖然 BIM 在 FM 的具有潛在價值，但初期看來 BIM 缺乏實質的好處
- BIM 和 FM 技術之間的互操作性
- 在 FM 中實施 BIM 缺乏明確的要求

- 缺乏明確的角色，責任，合同和責任分工架構。

其他挑戰與行業中的程序和文化觀念相關，其中，FM 管理者僅在案子的非常晚期才進入，而且通常不會對模型進行竣工修正。另一個重要發現是缺乏對 FM 中 BIM 應用的真實案例研究。本研究對 32 個非住宅建築的實際案例進行研究，研究總面積超過 12 萬平方米，主要是覺得可以達成下列目標：

- 真實案例的研究將會有助於未來應用；
- 回應一些確定的挑戰，特別是展示 BIM 在 FM 中的價值；
- 澄清一些將管理系統轉移到 BIM-Based FM 的挑戰；
- 揭示潛在的新挑戰。

案例研究的結果說明了 BIM 如何為員工和流程效率以及幾何資訊記錄的準確性帶來實際益處。除了在以前的文獻中確定的挑戰，在案例研究期間與房地產部門專家進行的討論揭示了另一個挑戰，這是生命週期 BIM 技術，固然存在 FM 技術和建築物的顯著差異。但這意味著 FM 組織必須準備在中長期內使用不同的資訊和數據標準，而不是調整其業務流程以適應特定技術。建議開發符合組織 FM 流程需求的 FM 規範，是 BIM 目前利用 BIM-Based FM 的好處，並使組織及其供應鏈能夠根據結構化 FM 流程工作的關鍵。

第四章 結論與建議

第一節 結論

本案研究結果發現，BIM-Based FM 屬於 AEC 產業的新興領域，很大的一個部分仍處於沒有先行者研究過的領域，目前這範圍裡，許多專家學者針對領域外圍與可能的核心技術與運用進行推估，然而未有充足的操作案例供研究時，尚未能精確的訂定出操作的規範與核心轉換機制。

這個領域即使大力推動 BIM 的英國也還沒有形成普遍發展，目前發現適合發展的階段是 BIM 產業發展進入 Level 3 時，較容易運用成熟的 BIM 技術進行 BIM-Based FM。BIM 各階段完成的模型對於設施管理來說常會有建築資訊過多與設備空間資訊不足的問題。建於資訊模型中的建築資訊有利於討論設計及實際興建，但設施管理的時候往往不需要這麼多的資訊，通常僅需要空間的尺寸、方位等資訊；反之，在設施管理常見的需求，如租借時間表、租借人員，管理人員、設備使用年限、主動預警設施，甚至資金流等資訊需求較為不足，需要另外建立相關內容以利設施管理者使用。如何建立一個適合設施管理的 BIM 模型，或者如何設施管理者的檔案中加入 BIM 模型或資訊以利於設施管理，都是可以再詳細研究的後續發展。

在這個 BIM-Based FM 的後續發展中，有可能會再產生一個類似 IFC 或是 COBie 等具有交換資訊功能的標準，已符合生命週期的運用。強調虛擬與應用的 BIM 未來發展，大膽推估，當電腦效能持續強大時，運用虛擬實境的情境裡建立相關的管理內容就變的極為可行，能夠將管理的資訊影像化，標註提示內容，運用強大有效的虛擬實境建立防災演練，或是建立預擬構件修繕或更換等標準維護管理流程影像檔案。提供未來設施管理者更視覺化、更直觀的介面，這時候的 BIM-Based FM，預期將會更加靈活便利，更能夠儲備大量現況與備用資訊，管理者的維護成本將更為精省，BIM-Based 管理的應用面將更為寬廣。

第二節 建議

建議一

立即可行建議：研商國內運用 BIM 技術進行公共場館維護管理的策略。

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：行政院國家發展委員會、內政部建築研究所

關於設施管理引進 BIM 技術後所帶來的利益是可期的，對於怎樣的公共場館在現階段適合引入 BIM 技術進行管理，或是引入的 BIM 技術應該包含哪些內容，需要再詳細的研究或共識，以提出明確的定義與規劃，幫助擬定設施管理的操作資金與人力需求。

我國公共建設場館常出現蚊子館的狀況，藉由 BIM 技術的引入，期望可以增加設施運用彈性，以加強活化利用。在公共場館轉型為彈性運用時，能夠提供規劃上的便利與設備的裝設建議。同時，在設施的串連管理與公共安全的應用上，能夠降低維護操作的成本，並增進公共場館防災應變的能力。

建議二

中長期建議：調查 BIM 產業發展基礎資訊。

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署

協辦機關：行政院國家發展委員會、內政部建築研究所

關於英國對於 BIM-Based FM 的研究，引進 BIM 技術的成功關鍵在於是否已達成 BIM Level 2，並且進入 BIM Level 3 的階段。進入 BIM Level 2 的發展時，常常會帶動周邊產業的同步發展，因此對於相關產業發展的基礎資訊調查作業變的相當重要。

目前研究發現，當制訂 BIM 相關發展與產業政策時，需要依靠扎實的本國產業調查基礎資料以及國外進口物料設備等資料，以提供政府制訂發展策略時，避免陷入產業發展困境，能夠經由調查數據發覺我國主要競爭力，降低弱勢產業因應國際化的衝擊。

建議三

中長期建議：研究我國運用 BIM 技術建立維護管理產生的產業效益。

主辦機關：行政院國家發展委員會、行政院公共工程委員會

協辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

由於 BIM 的發展容易受到國際互動的影響，大量優勢價格的產品或規格將會領導產業市場走向，評估這些長期維護更新的建築帶來的產業發展效益以及有效避免國際化衝擊，是政府需面對的挑戰。

目前世界各地的建築維護管理產業正在興起，運用 BIM 技術來結合維護管理產業的介面正在如火如荼的研發著，目前看來，還沒有所謂決定性的產品或重量級的規範可以全面掌握世界潮流走向。掌握開發的先機，在現今許多關注 BIM 在 VR 或 VDC 等領域的發展的同時，能夠瞭解我國對於這項產業的整體效益，適度導入 BIM 技術結合 FM 產業發展，掌握得宜時，我國有機會創造出可供外銷的維護管理競爭產業技術，提供類似我國擁有多樣化不同類型建築物的地區一套國產的優良技術。

參考書目

中文資料

王昌昫、蘇瑞育、蔣定棟，2012，BIM 於捷運車站生命週期應用，捷運技術
半年刊 第 47 期 頁 15-22

IFMA 著，張律言譯，2015，設施管理者的 BIM 指南：使用 BIM 建築資訊
模型，有效提升建築生命週期的管理與維護，臺北市，松崗。

陳建謀，林世俊，蕭寬民，鄭漢忠，余錦滄，2007，物業管理資訊系統之研
究，2007 年物業管理暨防災國際學術研討會論文集(台灣、台北)，
P.249-259(ISBN 978-986-150-778-1)

新北市政府「104 年度推動 BIM 於建築管理發展計畫之出國考察」

內政部建築研究所，2014，「應用 BIM 輔助建築設施管理之國內案例探討」

內政部建築研究所，2015，「臺灣 COBie-TW 標準與使用指南規劃與雛型建
置」

謝尚賢，2015，「從最新調查報告 看 BIM 應用發展」，營建知訊 390 期第
63-67 頁。

張國儀、謝尚賢，2015，「英倫見聞筆記：上行下效推動 BIM」，營建知訊
394 期第 61-69 頁。

外文資料

McGraw Hill Construction (2014). "The Business Value of BIM for Owners,"
SmartMarket Report, McGraw Hill Construction, Bedford, MA, USA.

Lieyun Ding and Xun Xu (2014) Application of Cloud Storage on BIM
Life-cycle Management, International Journal of Advanced Robotic Systems。

Birmingham City University City Centre Campus Development-Building
Information Modelling for the optimisation of Facilities Management: A Case
Study Review(2014)

https://issuu.com/fgouldconnect/docs/bcu_case_study_060614_v2/5?e=6530474/8163109

Graham Kelly.,et al ,” BIM FOR FACILITY MANAGEMENT: A REVIEW AND A CASE STUDY INVESTIGATING THE VALUE AND CHALLENGES”, Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, 30-31 October 2013, London, UK ,

http://www.academia.edu/4796932/BIM_FOR_FACILITY_MANAGEMENT_A_REVIEW_AND_A_CASE_STUDY_INVESTIGATING_THE_VALUE_AND_CHALLENGES

外文網站

BIM Task Group :

<http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf>

NBS (National Building Specification) National BIM Report 2016 , UK :

<https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2016>

ARCHITECTURE SALARY GUIDE :

<http://architecture.co.uk/salary-guide/>

Indeed:

<http://www.indeed.com/salary/q-Cloud-System-Architect-l-New-York,-NY.html>

PayScale:

[http://www.payscale.com/research/AU/Job=Building_Information_Modeling_\(BIM\)_Manager/Salary](http://www.payscale.com/research/AU/Job=Building_Information_Modeling_(BIM)_Manager/Salary)

BRE,UK:

<https://www.bre.co.uk/academy/page.jsp?id=3516>

BCA Academy courses, Singapore:

<https://www.bcaa.edu.sg/what-we-offer/courses>

Australian Government’s FM Action Agenda : Facilities Management Action Agenda MANAGING THE BUILT ENVIRONMENT,p.6

https://www.fma.com.au/sites/default/files/uploaded-content/website-content/fma_implementationreport2006.pdf

COBie-UK-2012: <http://www.bimtaskgroup.org/cobie-uk-2012/>