

出國報告（出國類別：短期研究）

「美國加州史丹福大學短期研究」
報告

服務機關：內政部建築研究所

姓名職稱：劉青峰副研究員、鄒本駒研究員

派赴國家：美國

出國期間：103年6月8日至6月14日

報告日期：103年9月10日

摘要

目前國際間 BIM 技術應用較集中於設計與施工階段，尚未擴及維護管理階段，但相對於建築物全生命週期而言，如何延伸與深化應用於維護管理，是一個更有潛力的課題。從本次會中所分享的經驗來看，也因 BIM 在建築物完工後，可以應用在維護管理、建築效能、資產管理、避難等，較施工階段更為廣泛的層面上。此時 BIM 不再是主角，而成為不同管理目的平台所整合的對象之一，其主要目的為提供建築物相關資訊，而為能使 BIM 模型中含有可用正確的資訊，會上提供的經驗是，規劃業主資訊需求、律定收集規則與標準、嚴格執行品質管控。因此，應及早參考進行相關研究，建立國內 BIM 應用於 FM 的基礎，提高建築營運效能，建立堅實的資料庫基礎，增加現有公私部門空間資訊服務，培植新型態具國際競爭力之建築資訊應用商業模式。

目次

壹、研究目的	1
貳、研究過程	2
參、研究心得	4
肆、建議事項	51

壹、研究目的

本次出國短期研究係參加美國加州史丹福大學的 CIFE 中心（Center for Integrated Facility Engineering）於 6 月間舉辦之 Summer Program 2014。主要目的在於瞭解 CIFE 中心目前關於虛擬設計營建（VDC，Virtual Design and Construction）與建築資訊建模（BIM，Building Information Modeling）的最新研究方向與成果，以及美國和國際間在 BIM 應用發展上的最新動態，以作為本所規劃執行建築資訊建模科技發展計畫和其它政府公共工程實施 BIM 之參考。

預期獲得效益如下所述：

1. 蒐集美國建築資訊建模國家標準推行情形、課題及工程專案應用案例資料，作為我國相關元件庫或指南建置研究參考。
2. 從其專業課程了解美國應用 BIM 技術之主要重點，例如 4D—BIM、互動式協同設計等，做為本所擬訂研究課題參考。
3. 藉由參訪了解美國及國際間最新動態，以作為本所未來規劃建築資訊建模科技發展計畫之參考。

貳、研究過程

本次出國短期研究主要為參加美國加州史丹福大學的 CIFE 中心於 6 月 10、11 日舉辦之 Summer Program 2014，並訪問該中心主要成員及參訪內部設施。上課期間除適逢 CIFE 中心副主任 John Kunz 先生之簡單退休儀式外，也在課餘時間就 BIM 實施課題與其它學員進行交流，讓國際間了解國內 BIM 應用現況，開拓我國 BIM 推廣應用之國際合作機會。

同時也到美國舊金山參訪當地獲有 LEED 標章公共建築物 SFPUC 舊金山水利局總部(舊金山公共事業委員會大樓、Moscone Center 會展中心，以及加州科學博物館等，瞭解美國推展永續建築之實際應用案例。

本次參訪美國加州史丹福大學 CIFE 中心係以內政部建築研究所代表人員身分往訪，其中感謝 CIFE 中心主任 Martin Fischer 先生、副主任 John Kunz 先生（已退休）、產業計畫主任 Calvin Kam 先生，以及經理 Teddie Guenzer 女士在報名手續上的協助，以及課程的接待與介紹。另外感謝國內王明德教授、康仕仲教授的協助聯繫，使本次短期研究得以順利成行。

本次短期研究行程至美國舊金山及史丹福地區，活動日期從 103 年 6 月 8 日（日）進行至 6 月 14 日（六）合計 7 天，考察行程概要如下頁表所示。

日期	行程	任務	備考
6月8日(日)	去程	啟程	台北-舊金山
6月9日(一)	參訪建築	參訪舊金山永續建築	
6月10日(二)	參加會議	參加 cife summer program 2014	
6月11日(三)	參加會議	參加 cife summer program 2014	
6月12日(四)	參訪 cife 中心	了解課程重點、人才培育及最新研究成果	
6月13日(五)	回程	返程(機上歇夜)	舊金山-台北
6月14日(六)	回程	返程	舊金山-台北

參、研究心得

一、史丹福 Center for Integrated Facility Engineering

史丹福大學十分推崇跨學科的交流和合作，即 Interdisciplinary。校內有許多的研究中心/實驗室是跨學科整合建立，不單獨屬於一個系或專業。CIFE 中心成立於 1988 年，結合了土木環境工程系及電腦科學系，長期從事於提高建築業生產效率相關的科學研究，在推動建築業資訊化、提高建築設施全生命周期內的應用價值、增加工程團隊的生產效率以及促進建設環境的永續等方面都有一定的貢獻，其相應領域的研究在世界上一直保持領先地位。CIFE 中心的主任 Martin Fischer 教授既是土木工程專業的教授，同時也是電腦科學的教授。CIFE 中心有三個主要研究方向：一是虛擬設計營建（VDC），是電腦和土木工程專業的結合；二是建設管理全球化，結合土木工程、管理學和區域經濟專業；三是永續性發展與訊息技術方向，涉及環境、電子商務等專業。

CIFE 中心位於美國矽谷，為西岸主要 BIM 學術組織之一，其研究成果良好地引導和影響著建築業未來資訊化的發展方向。目前全球建築領域資訊領先的企業如 Autodesk、CISCO、Bentley 和 Primavera 以及全球著名的承包商（工程公司），如美國的 Fluor 和德國的 HOCHTIEFF 工程公司以及政府機關 GSA(U.S.General Services Administration) 等近 30 多個企業組織，均是 CIFE 的會員或合作夥伴。相關研究也得到美國營建業協會 CII

（Construction Industry Institute）和國際相互操作性工作聯盟 AIA

（International Alliance for Interoperability）的支持，研究報告長期以來為國際上相關領域的學術機構和營建業界提供重要參考和應用指南。除與 GSA 及歐美地區營建業者及其客戶進行參與 VDC 合作研究和實踐開發應用研究外，近年來更開始與新加坡及中國等亞洲國家合作，如與迪士尼

集團所屬之迪士尼幻想工程公司合作進行之上海迪士尼樂園工程即是目前最大的合作案之一。

史丹福大學鼓勵各研究中心跨學校、專業的交流，各中心要定期邀請不同領域的老師或專家來舉辦 SEMINAR。CIFE 中心每年也主辦或協辦多次有關 VDC、BIM 和永續建設方面的各類會議、活動及認證培訓課程。本次 Summer Program 2014 課程為自 2012 年開始舉辦，為期兩天的研討會，主要為邀請 CIFE 合作夥伴分享實施經驗，今年分享的主題為：

- BIM 應用於設施管理
- 效能指標及未來目標
- 以自動化 VDC 支援設計及營建作業
- VDC 實務應用情形

(一) VDC(Virtual Design and Construction，**虛擬設計與施工**)

過去營建業的各專業領域是分散的，以致相關資訊的取得及決策的訂定，常常需要虛耗數日才能達成。AEC(建築師、工程師、施工者)各專業對於專案執行內容及方法都是單獨自行進行管理，缺乏溝通，導致專案工程的執行效率低下。

史丹福大學的 CIFE (Center for Integrated Facility Engineering，整合式設施工程中心)是 VDC 的主要研究機構，於 2001 年開始介紹 VDC，應是 VDC 的創始者，當時並將 VDC 當成是教學及研究方法，Kunz (本次課程的講師之一)並正式開班授課，近幾年來大部分的博士生都使用此方法。相關知識及用法在 2002 年 Kunz & Fischer 的研究報告書中有詳細的描述，目前有 2012 年的第 14 版” Virtual Design and Construction :Themes, Case Studies and Implementation Suggestions ”。

VDC 的定義 (如講義簡報資料) 如下： Virtual Design and

Construction(VDC) is the use of integrated multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design-construction-operation team in order to support business objectives.

[VDC 是指在設計-建造專案計畫中對於整合性多專業功能模型之應用，包括設計施工及營運團隊為支援業務目標的達成，對於產品(即設施)、程序及組織模型之應用。]

VDC 可以創造一個整合的架構及一些管理計畫的方法，包括專案的一些面向，即建築物、設計建造程序、及依循該程序進行設計、建造及使用建築物的一些組織。BIM 是聚焦在 VDC 模型的建物元件上，BIM 確是有用途的但有其限度，因為管理議題通常也包括了建築物、組織、及程序之間的關係。BIM 可以使很多 AEC 專家改善性能，但是既使進行最好的 BIM 實作，其專案仍然不能正常的針對組織與程序進行正確有效的建模、視覺化或分析工作。

1、VDC 的三個模型

- ①. 產品 (Product)：建築物、工廠、或設施等。
- ②. 組織 (Organization) 對於上述產品進行定義、設計、建造及運作之組織。
- ③. 程序 (Process)：上述組織團隊所遵循之程序。

故 VDC 專案模型又稱之謂「POP 模型」，而這三個模型是須要

- ①. 整合在一起的，使各模型都能資料共享。若任一使用者凸顯或改變其中一個模型的面相(aspect)，則整合模型就會凸顯或改變各相關模型的相依面相。
- ②. 多專業性的，包括建築師、工程師、施工者及業主，以及下包專業者等。

- ③. 功能性的，使之可預測及追蹤專案的各個性能面相，並呈現預測及檢測與所提的專案計畫性能目標有關的性能。

2、VDC 的三個應用階段（或稱成熟度模型）

VDC 在使用上有 3 個不同的階段，每個階段都有它自己的價值主張以及價值與價格的產生策略。通常，組織是依循成熟度模型之各階段來進行的，但其第 3 個階段之自動化(Automation)常常是需要最少的與特殊性的而非一般性的整合。

- ①. 視覺化(Visualization)：在此第一個階段，計畫團隊製作 3D 的產品 (Product) 模型，建立可執行設計施工及營運的組織 (Organization) 模型，以及組織參與者為了提供設計施工營運及管理之依循，根據模型預測與過程追蹤之性能尺度，所訂定的程序 (Process) 模型。通常是針對產品、組織及程序中的最貴重元素進行建模及視覺化。同時，闡明專案目標、價值、責任、設計及預期事項，因為好的視覺化可以使更多專案關係人 (stakeholders) 參與專案的審視。
- ②. 整合性(Integration)：在此階段，將開發以電腦為基礎之自動化方法，俾使不同模型間可以正確交換資料以及進行分析應用。產品、組織及程序模型與分析程式間應進行有意義的資料分享，由於此階段的資料交換主要是由軟體來實現，需注意解決部分軟體因使用專用的交換方法所造成資料交換的問題。
- ③. 自動化(Automation)：專案在此階段是使用自動化的方法進行經常性的設計作業或協助廠內建築構件的組裝。欲藉自動化改善設計，專案組織通常須要進行大幅度的程序改善。欲藉自動化支援加工，則專案須要將 DB 或 DBB 的方式，改變為設計(design)-預鑄(fabricate)-組裝(assemble)的方式。自動化是須要上述的整合

性以及好的視覺化來協助，使得以順利執行。為大幅降低施工時間，CIFE 訂定 2015 年的目標是使大部分的工程專案從動工起算都能在 6 個月內完工。

3、VDC 模型的三個內容分類(要素)

對於 POP 模型的內容及詳細度的分類，是以 Function、Form、Behavior 來表現。

- ①. 功能(Function)或設計意圖(Design Intent): 表現著業主的意圖或者重要的專案關係人的需求。例如：產品 (Product) 要求的是 100 個座位的會議廳；組織 (Organization) 須含有執照的結構技師；設計程序 (Process) 須含一些特別的審查里程碑。
- ②. 形式(Form)或設計景象(Design Scope)或設計選擇(Design Choice): 表現著設計師為反應一個機能需求所做的決定，或設計師的喜好。例如：特殊空間之選擇、建築師與承包者間的一個特別的契約關係之選擇、以及施工計畫。
- ③. 表現(Behavior)或性質(Properties): 包括設計的預期表現(predicted behavior), 以及產品、組織及程序的實測表現(measured behavior)。例如梁的預期撓度；承包商執行某一作業的實測耗時；施工之預期 CPM(要徑法)工期。

專案關係人(stakeholders)為有效參與設計，可以要求提供可視的一些 VDC 模型，學習瞭解所有他們參與的模型，對於整個專案設計，在適當時間向其他專案關係人表示出他們自己的觀點與意見。VDC 的應用，開始是邀請所有的專案關係人(stakeholders)開會，參與者包括業主代表、建築師、主要的簽約者、及潛在的使用者。會中說明 VDC 模型的用途，定義專案產品 (Product)、組織 (Organization) 及程序 (Process) 等的通

用 POP 模型(generic POP model)用詞。

POP 模型有通用(generic)的與實體(instance)的模型，通用模型描述觀念性用詞，在專案初期用於定義共享的用詞對於專案關係人會非常有用。通用 POP 模型定義實體名稱，例如”柱”、”設計組”、及”活動(activity)”等，也會定義相關屬性，如”高度”、”團隊責任”及”計畫工期”等，但缺乏特別的細節。而實體(instance)模型則對將模型的一般關係採用特化用詞，對個別元素命名，例如設計組 A。

專案的開始執行應在設置數台電腦的房間內召開數週或數天一次的專案討論及審視會議，設備上採用使所有參與者都可以看到的最少 3 個大影幕之設置較佳。針對模型之產品 (Product)、組織 (Organization) 及程序 (Process) 的內容、分析及評估，規劃會議議程，並邀請所有專案關係人(stakeholders)參加此專案會議。



圖 1 VDC 的應用情境

(資料來源： Virtual Design and Construction :Themes, Case Studies and Implementation Suggestions，2012 年)

而 BIM 是上述產品 (Product) 中的形式(Form/ Scope)部分，很重要但只佔 VDC 架構及 POP 模型中的專案整體景象與資訊的一部份而已。有關 VDC 的操作方式，詳細情形可參閱上述的史丹福大學 2012 年 Kunz & Fischer 的研究報告。

(二) BIM 簡介與應用課題

在進入研討會內容報告之前，為了在閱讀上更容易掌握美國的動態，有必要就目前應用 BIM 的情形進行簡要的說明。BIM 目前的主要應用層面在於設計與施工階段，常見的成果為設計優化、設計之施工可行性、設計與製造結合、工地外施工、設計錯誤檢查、管道碰撞檢討、估料計價、工地安全管理、工期管理等，相當多的應用目的，對於減少工期、成本、錯誤確有明顯成效，對於業主及承包商。但如果從長達 50 年以上的建築生命週期整體來看，在形成並維持建築物一生發揮其預期效能所需的資源的總和中，設計、施工階段所佔的時間遠比完工後的使用時間來得短，也因此所需要的資源也少得多，尤其當是高密度使用的辦公室、飯店或病院等建築物，其在設計施工階段消耗的能源佔全生命週期的能耗比例就顯得更低。然而，在目前注重永續環境發展的國際趨勢下，要如何在_{不影響原設計使用目的、內部活動以及人員的身體健康的條件下}，使建築物的能耗降到最低，其重點關鍵又要回到整個建築生命週期的開始，即在設計階段就必需對建築物未來的使用情形，面對的外部環境等作出儘量正確的推測後，再就建築物的量體、空間、外殼性能、設備系統等作出對應的設計解決方案及目標。在接下的施工階段中，則是要選擇合適的工法、材料、產品來實際完成設計解決方案，建造出一幢建築物，在達到設計要求的同時，更需求施工品質，不使建築本身的問題成為未來使用的耗能難題。除了要求正確合適的設計施工，建出品質良好的建築本體外，為了讓使用階段的營運維護作業更為順暢、更有效率，還有一個課題，便是如何有效地在設計施工階段收集對於營運維護有用的建築資訊，並將之完整、有結構地交付到維管階段。最後，對於擁有大量建築資產的機關團體而言，如果能夠讓各個建築維管的經驗與資訊進行統整、比較與分享，便能更有效的管理，甚至在 GIS 結合之後，有

機會形成巨量資料的形式，進而可對這些建築資訊進行資訊探勘之類的
加值應用研究，作為後續新建建築的規劃、決策、模擬等作業的參考，
建造出更符合業主需求、對地球環境影響更少的建築物。

目前營建產業管理建築資訊的作業模式以及存儲方式的條件限制下，
光是在設計與設計階段間的資訊交付傳遞上，都遇到不少困難，甚至常
引起爭訟的情況下，要達到以上的各項使用目的，確實還有一段落差。
要填補這段落差，應用目前 BIM 技術是方法之一，但在應用之前，營建
產業需要先了解以下兩個課題是 BIM 所不能解決的，或者說，不是電腦
能解決的。首先是，BIM 提供了一個功能更強大的建築資訊存儲方式，
但是還是要由人來決定要填入那些合適的資訊。為了達成特定 BIM 應用
目的之前，要先了解誰需要那些資訊，由誰在何時負責填入所需資訊，
前述有關資訊的需求、滿足與交付的相關作業，就是應用 BIM 時必要的
資訊流。而這個資訊流架構的建立，是由應用 BIM 的工程專案團隊所共
同規劃、決定與完成的，並不是由 BIM 或是電腦來代替團隊決定，舉例
來說，工程案是否要進行能耗、工期模擬或維護管理的主要部分應用等，
應是由業主、設計者、營運者來評估決定，不是也不可能由 BIM 來代替
人員進行決策。所以，BIM 只提供了新的建築資訊存儲方式，但要存那
資訊才會對工程專案有用，是由人來決定。當然，對於常見的應用目的，
可以累積經驗，形成指南、規範供其它工程案、軟體商參考，開發成為
軟體的功能之一，但是其前提還是因為由人員來決定要不要用。營建產
業在長常依賴一個穩定的 2D 圖資方式來傳遞建築資訊進行各階段獨作業
的狀態下，除了 2D 圖資可以載入的資訊以外，對於其它的建築資訊並不
習慣也沒有意願，更沒有工具可以進行交換。但是新的 BIM 技術所帶來
的應用目的，即是需要利用比 2D 圖面所能承載量更多的資訊，此時，為
了更有效利用新的存儲技術，營建產業中的各專業之間共同協調出比 2D
圖資時代更為複雜的資訊傳遞、交換的共識，以及因此而生，互動更為

頻繁、更為深入的工作模式。回到這個課題的一開始所說的，是由人來作決策，應用 BIM 技術，只是為了提供更多有用的資訊，輔助人更方便、快速的作出正確的決策。

第二個課題是，這些資訊主要是給電腦程式解讀進行更廣泛的應用，輔助人員的解讀，即傳統的 2D 圖資，只是應用的項目之一。為了能藉由電腦快速的運算能力，幫助人員進行統計、模擬的工作，建築生命週期中各階段所需要或產生的大量資訊，就如同圖書館裡的書一樣，要有系統的存放，以方便建築生命週期中各階段、各種專業程式為了完成其被賦予的任務，可依照約定好的方式來建置、存放、取用、更新相關資訊。更重要的是，之所以用圖書館來作比喻，是 BIM 的遠景在於能夠跨區域彙整、分享所有建築資訊，而且還要在建築物 50 年的生命期間，能持續有效的作為資料庫。然而，2D 圖資並不是完全為了以上以目的所產生的資訊儲存方式，依照維基百科的定義，2D 圖資是「工程圖依共同協定的標準規範，在正確、迅速、清晰與整潔之製圖四大目標下，使用線條與字法表示工程設計的意念，亦為工業共通的語言。」，而且是給人用的語言。維基百科內還提到「工程圖並非要完全擬真，而是在使用適切的製圖工具繪製，有效表達傳遞設計意念。...對複雜的工程設計，線條的表達比文字清晰明確，故工程圖以線條與字法呈現。雖新式 3D 實體 CAD 軟體工具已能便利的做到擬真設計繪圖，模擬實境作動與即時動態多視角產生影像、動畫等，亦可佈圖印製傳統圖面，但傳統圖面還是相融度最高的主流傳遞溝通方式。」，也就是說，圖學(Graphic science)是以圖畫、符號及文字表達物體形狀、大小及製造等相關事項，透過人的視覺來傳遞構想與交換知識的一種工具，亦可稱為視覺感知圖畫語言。2D 圖資是以人的手操作繪製資訊、以覺視來讀取資訊、以人的大腦來處理資訊等以人所具有的功能為主要考量的資訊傳遞方式，以往在 2D 圖資架構，限於紙張媒體、工具、線條、符號，以及視覺讀取資訊，部分無法儲存的

資訊，需在視覺讀取後，配合其它分散的表格、人腦中的知識經驗，來進行理解，因為是以人為對象，所以好處是非常直覺。然而，改用電腦來處理上述事項時，條件就顯得非常不同，尤其因為電腦計算能力在人腦之上，再加上物件導向的觀念，專為利於電腦讀取、處理的資訊管理方式，其在目的、能力與能耐上有著極大的不同，因此能處理資訊的豐富度也比較高，可能性也大大的提昇。例如，窗戶與所在外牆的連動關係，在 2D 圖資時代，可能是由繪圖人員來管理每一張圖上每個窗戶，會在牆上繪製新窗，修改牆時也會一並調整範圍內的窗戶，這個隸屬關係不會、也不需要記載在 2D 圖上，因為繪圖、看圖的人都有相近的專業背景，但在使用電腦時便可以把前述的關係以物件的型式儲存下來，並且應用在整個模型中。有了這個關係物件，再加上電腦的輔助，在建置模型時，便無法在沒有牆的地方放置窗戶，而一但牆上被放置了窗戶，在修改牆的時候，牆上的窗戶也會由電腦依照所設定的關係物件，協助一併調整。這就好像繪圖人員多了一個好用的幫手，如果好好教它，當人員做出主要決策後，它會自動幫忙將次要的、連動的行動一併完成，尤其是當前述簡單的牆窗關係換成更複雜的關係、或者是將數個關係組合在一起運作的時候，例如結構計算與設計時，就更可以看出其真正的好處，當結構系統中某一構件因配合其它設計需求而必需修改時，如尺寸變更、管道穿樑等，電腦便會依照給定的關係對其它關聯構造作出一併修改的選項。甚至在結構計算結果確定之後，電腦也可以依照另一組關於鋼構、鋼筋混凝土設計的關係物件，輔助配置接頭、配筋等作業。在這樣的工作模式下，電腦當然也可以依照給定的資訊與規則來自動繪製方便人眼來讀取的 2D 圖資。

總體而言，為了有效利用電腦作為輔助工具，必需要有先有人將資訊與關係轉換成電腦可以讀取的方式。而且隨著想要利用電腦來輔助的決策項目增加，所需要的資訊與關係也要跟著增加，但是對於營建產業

來說，這些增加的資訊在 2D 圖資中可能不需也無法記載，等於是一個全新的範疇，並沒有統一或根本沒有需求與交換的方式，且又需要以新接觸的、陌生的、電腦可以讀取的方式紀錄才能達到目的。這使得營建產業必需要重要共同發展一套範疇、對象更廣的共同語言，透過電腦來交換所需的資訊。

二、史丹福 CIFE Summer Program 2014

因為 CIFE 中心主推的 VDC 技術觀念可應用的範圍，雖以設計、施工為主，但可應用對象為整體營建工程，並不限於建築工程，再加上今年更將研討會主題擴增到 BIM 以及施設維護管理的應用，使本次研討會的內容相當豐富。本次研討會議程雖僅有兩天，但參加本次研討會分享與介紹新技術的單位相當多，包含美國政府單位、大學院校、營建開發商、建築師事務所、建築設備製造商、鐵公路建設開發維護單位、歐洲營建產業公司、全球營建專業軟體商，以及 CIFE 本身研究案等，約有 20 餘個簡報題目。就如前面所述，會議主題相當多，若依會議規劃之時序分別報告內容恐失去焦點，若需了解詳細議程及演講者資料，可先參考本文所附相關會議資料，以下將以技術應用相近程度、本所研究方向之關係等，將研討會內容約可分為「應用 BIM 輔助建築設施管理」、「組織團體實施 BIM 技術之經驗與成果分享」、「重要 BIM 應用軟體簡介」，以及「其它營建項目應用成果」等 4 大方面，本次報告則先就前 3 大部分分別介紹，至於「其它營建項目應用成果」部分，因多為該校學生相關研究論文發表，或為基礎公共建設應用案例，參考性較低，不另介紹。另外，因為本次參加的團體機關在美國本土、國際間多有其重要性，在進行簡報內容介紹前，均會就其主要沿革、業務內容作一摘要，增加往後參考的方便性。

（一）應用 BIM 輔助建築設施管理

「應用 BIM 輔助建築設施管理」是本次主要課題之一，也是本所未來進行國內 BIM 研究推廣計畫的工作主軸之一。這個類別中，計有美國聯邦總務署 GSA (U.S. General Services Administration)、史密森尼學會 (Smithsonian Institution)、Google 及喬治華盛頓大學 (The George Washington University) 等以業主角度分享其應用 BIM 輔助建築設施管理的

經驗。其中 GSA 為美國積極推動工程應用 BIM 的政府機關之一，在本次研討會各參加單位中應用的規模也是最大。Google 則是最為特別的公司，雖為近期才開始嘗試了解 BIM，但若欲開發相關應用，其影響力不可忽視。史密森尼學會（Smithsonian Institution）是美國若干博物館和研究機構的集合組織，有關這類建築物應用 BIM 進行維護管理的案例文獻在國內比較少見。最後是喬治華盛頓大學，美國境內應用 BIM 進行校內規劃及建築工程，喬治華盛頓大學也屬應用初期，主要在分享其開始推動的經驗。

1、美國聯邦總務署

美國聯邦總務署（U.S. General Services Administration, GSA）為美國政府機關之業務經理人及採購代理人，負責聯邦政府包括行政、立法、司法部門及在世界各地的分支機構等代理採購業務，總部位於美國華府，轄下三個主要採購單位負責，分別為聯邦供應服務組（the Federal Supply Service, FSS）負責產品及服務採購；聯邦技術服務組（the Federal Technology Service, FTS）負責資訊設備採購；公共建築物管理服務組（the Public Buildings Service, PBS）負責工程採購。而PBS即為應用BIM的主要部門，負責美國所有的聯邦設施的建造和營運。早在10年前，2003年，即開始應用BIM於其所負責的建築工程案，並推出一系列的指南供與其合作的營造業參考。為了提高所轄建築設施營建與管理作業效率，PBS的首席設計師辦公室（Office of the Chief Architect, OCA）推出了該署的3D-4D-BIM計劃。GSA了解到3D視覺表現能力只是BIM功能的一小部分，因此不是所有的3D模型都能稱之為BIM模型。而所謂的4D則是在3D的基礎上增加了時間的向度，可用於有效模擬管控施工工序流程與進度。GSA自2007年起開始要求，達一定招標級別以上的大型建築工程案均至少要在空間規劃驗證和最終概念展示等工作項目上應用BIM來執行。此外，其它未達規模的工程案也都被鼓勵採用BIM技術，

并且根據承包商的應用目的與程序之不同，給予不同程度的技術支援。目前GSA正在研發建築生命週期中可應用BIM技術的項目，包括：空間規劃驗證、4D工進模擬，3D雷射掃描、能源使用效率與操作模擬、法規安全驗證、施設維護管理，以及建築元件等等，并陸續發布關於前述內容一系列BIM指南，提供在官方網站下載參考，這一系列的指南已有部份被收為美國國家BIM標準（National BIM Standard-US，NBIMS-US）之中，對於該國相關規範和BIM在實際案中的應用作出了相關大的貢獻。目前公布的8個指南如下：

已經正式出版的BIM指南系列（Publishing BIM Guide Series）：

- 系列01—3D-4D-BIM總論（Series 01 - 3D-4D-BIM Overview）
- 系列02—空間規劃驗證（Series 02 - Spatial Program Validation）
- 系列03—3D雷射掃描（Series 03 - 3D Laser Scanning）
- 系列04—4D工序管理（Series 04 - 4D Phasing）
- 系列05—能源效能與操作（Series 05 - Energy Performance and Operations）

正在發展中的BIM系列指南（Formulating additional BIM Guide Series）：

- 系列06—空間維安驗證（Series 06 - Circulation and Security Validation）
- 系列07—建築元件（Series 07 - Building Elements）
- 系列08—建築設施管理（Series 08 - Facility Management）

以美國GSA所建立的空間計畫驗證建模指南為例，為了要使建築師能夠建立可以正確擷取出符合該國樓板面積計算規定之模型，指南中提出相關的建模技巧、可能錯誤，並建議有困難之時可以找當地的GSA機關協助。

國內在建照審查上，未來對於建築技術規則中有關各種面積計算的規定，也必需要建置相關指南，協助建築師快速正確的建立符合需求的模型，才可發揮BIM技術完全的效益。GSA在美國境內相關營建產業研討會，例如AIA-TAP等，都十分活躍，由其主辦的工程案也常被入圍年度AIA BIM評比。因此，GSA對BIM的相關應用成果與宣傳直接影響了美國營建產業應用BIM的發展，更甚至響到英國政府有關BIM推廣政策。

GSA的能源分析建模指南中，即指出擬交付的模型中，外牆物件需含有熱傳導係數等屬性資訊。目前國內引進的建模軟體已可在建立外牆時自動帶入熱傳導係數等屬性，但這些自動帶入的資料是否可以為國內綠建築相關規範所用，尚未研究。若無法適用時，便有需要研究如何將國內規範認可的熱傳透率帶入模型中，帶入的方式當然不會由建模人員查表后逐一鍵入，而必需是利用物件屬性的方式帶入才可符合BIM的精神。初步可以由建築主管機關與軟體開發商合作，要求其協助將國內規範中的外殼熱透率加入軟體內部，以便自動帶入或由建模人員自行選擇，減少工作量及輸入錯誤。長期來看，應可在模型物件與外殼熱透率表之間，以國際營建資訊分類編碼標準為介面，在物件屬性中僅需鍵入分類碼，當軟體有需要相關資料時，再利用分類碼至網路查找資料，帶入運算。如此，既可降低模型資訊結構複雜度，同時也可隨時取得最新的資料，未來，更可應用到與公共工程委員會的PCCES系統，或其它國內營建資源庫相連結，方為BIM應用本土化的重點之一。

本次 GSA 所分享的則以其在這十年所累積之經驗與圖資模型為基礎，為輔助完成 BIM 系列 8 指南—建築設施維護管理，在 CIFE 協助下建立 Central Facility Repository 之中央建築設施管理雲端資料庫，其遠景為用來統整 GSA 轄下所有建築設施管理作業，以最網際網路統整其下散布全國甚至全球的建築資訊成為一知識庫，讓不同地區的管理單位可以在資料

庫搜尋分享資料經驗，並為未來規劃新建案的成本、性能提供實務參考數據，更可視為是一個巨量資料來源，進行各種資訊探勘及分析，發掘新的應用方向。因為 GSA 為政府機關，如前所述，其所轄建築設施遍及美國聯邦政府重要機關的建築設施圖資，所以本次分享的內容主要為概念的簡介，以及基本操作介面的展示，更可惜的是也未公開甚簡報檔案，也不方便於會上拍照，無法於本報告中輔以相關圖示。除了本案的遠景之外，值得注意的重點如下：

- 雲端收藏功能

資料庫目前尚未正式上線，也並非以目前的 BIM 模型為唯一目標。資料庫中也計畫收尚未應用 BIM，以及之前工程案的 2D 圖資，這是否將使得這個資料庫限於以前 2D 圖資而僅能以專案管理的架構來建置；以及，限於設備能耐與資訊安全，是否應用分散式資料庫概建構；最後，是否為自行開或應用目前美國境內已有軟體公司開發類似的管理平台等問題，或許事涉機密，GSA 在會上並未多加說明。國內台北捷運工程局之前也在相關論壇中展示過類似的平台，不過當時是以工程管理為使用目的，以 GIS 資料為底圖，將各捷運站體的圖資集中管理，同時也提供作工程局與承包單位間圖資送審的平台，工程局工程承辦人員可在平台上調閱送審設計圖或施工圖資，並將審查意見藉由平台的通知功能或電子郵件告知承包單位進行修改。

- 管理紀錄功能

資料庫的第 2 個功能是分享、比較管理經驗，這個資料庫是全美各地的 GSA 分支都可以進入的平台，GSA 希望藉由全美各地的設施管理承辦人員能將管理經驗及資訊紀錄於平台上，同時也可新的工程在進行管理規劃之前，能方便參閱其它分支單位的經驗。當然，在短短 15 分鐘內，尚無法

就實際的作法作更詳細的說明，不過，因為此平台為一資料平台，並非實際進行管理作業的軟體，且設置時間較晚，考量到不影響到實際作業，在與現有管理軟體的介接上，比較可能的作法，應是以固定時間匯報的方式進行管理資料的紀錄，而對於未來完成的新工程案，才有機會應用新軟體直接取用、更新平台資料的方式來紀錄管理作業。此外，另外一個值得考慮的問題是，在平台上累積的所有經驗、資料，要以何種系統供承辦人員方便查閱，才不會是一堆用不到的資料。

- 與維管軟體介接

考慮到並非所有的工程案都有應用 BIM，而且應用 BIM 的工程案若在規劃時沒有將設施管理納為目的之一，其所建置的 BIM 模型也不能直接作為設施管理使用。而且，為面對未來新興軟體與應用方式，以及開放與分享，平台除了以查詢的介面供人員進行基本的資料管理之外，也同時會開發資料庫專用的 API，提供給軟體開發商針對特定的功能，在原有商用軟體內，加入特定功能，可以直接對資料庫進行大量、複雜、重複的存取工作，加大資料庫的價值。

- 行動性 (Mobilization)

「將白宮放在口袋裡」是本次簡報中最有想像力、最吸引人的口號，也是 GSA 發展這個資料庫的最大遠景之一，希望讓設施管理人員擺脫煩重的文件，不用再坐在辦公桌前處理工作，而是能到建築物內部現場，利用移動設備即時存取設備維管資料，結合現場狀況，作出最適當的決策。這個遠景即是 GSA 結合前述三個功能而想到的理想建物維管的工作模式，為了達到這個境界，GSA 目前正積極建置並豐富資料庫，並與 CIFE、目前主要的維管軟體商合作研發可行的資料庫架構、存取 API 等，以 GSA 現有資源及建築物為試行對象，先以改善 GSA 內部的維管作業模式、效率及效能為目的，再以 GSA 的成功模式為基礎加以商業化，將其推廣到全美，甚至是全球，就如同美國軍方常將其高性能軍用設備的關鍵技術在

保密一陣時間之後，同意由合作開發廠商轉為商業用一般。



圖 2 GSA BIM Guide
資料來源：GSA 網站

2、史密森尼學會（Smithsonian Institution）

史密森尼學會（Smithsonian Institution）是美國若干博物館和研究機構的集合組織。該組織包括 19 座博物館、9 座研究中心、美術館和國家動物園以及 1.365 億件藝術品和標本。其在 2004 年就始有關建築資訊數位化的工作，即建築設施地理資訊系統，在類似 Google 的開放地理圖資上建置其下建築物量體的計畫。2005 年開始著手標準化建築平面圖，計有 1,200 萬平方英尺的平面圖進行數位化、標準化命名、圖檔架構等工作，並重新設計其 CAFM（Computer Aided Facility Management）資料庫。2006 年將數位平面圖連結到新設計的 CAFM，並建立網路入口網站。2009 年開始嘗試利用 ESRI ArcGIS Server 結合 BIM 應用於新工程案，並同時應用於網路查閱。但在經過前述以 GIS 為主的嘗試之後，學會開始轉向看看 BIM

能帶來那些不同的好處。BIM 是一個遠比業主所想像還要強大的技術，但若要真的得到相關的好處，業主必需要知道如何如何規劃自身的資訊需求，因此，學會擬定了 2013 到 2015 年的目標，基於前面應用 GIS 基礎，以及本身維管理的需求，建立 BIM 資料的業主端需求內容、樣版檔及交付工作流程，以及如何驗證模型內容是否符合需求並重新調 GIS 資料更新流程等工作。目前已經完成以少量高品質精神為要求的業主端的資訊需求指南及樣版檔，並依前述樣版開發軟體 API，成功地將符合業主資訊需求及樣版檔規定的 BIM 模型，應用 API 將模型匯入已有的 GIS 平台中。



圖 3 史密森尼學會簡報

2009 – BIM Pilot project using ESRI ArcGIS Server



圖 4 BIM 結合 GIS 輔助 FM

SI BIM Guidelines and Templates

Customized floor and area plan views formatted for use by existing SI Systems

- Site plans
- floor plans
- area plans
- Structural
- life safety plans
- reflected ceiling plans
- roof plans
- Mechanical and Electrical Assets – ready for export to Facility Center
- GIS requirements – ready for export to OFEO Geodatabase
- 3D views, walkthroughs, elevations,
- SI title blocks and sheet layouts with agency logo, smart labels and graphic scale symbols
- Includes disciplines, standard layer names

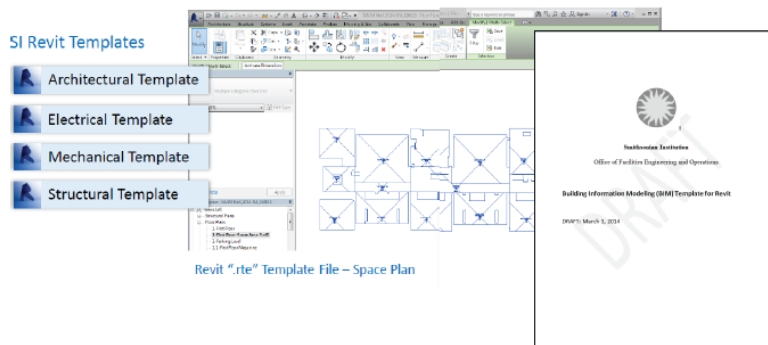


圖 5 學會自訂指南與樣版檔

3、喬治華盛頓大學（The George Washington University）

喬治華盛頓大學是一所著名的私立綜合性大學，與史密森尼學會相似，本次該校主要分享其開始應用 BIM 在即存建築物之維護管理的經驗與進展，主要的課題在於如何與設計者與營造者協調合作，交付含有業主需求資訊的 BIM 模型。主校區位於美國首都華盛頓特區市中心，比鄰世界銀行、國際貨幣基金組織、國務院，距白宮只有幾個街區。學校現有 9 個學院，兩萬多名在讀學生，是華盛頓特區內規模最大的大學。其校內的建築工程可分為以下四種：大型工程、整修工程、小型工程及一般維管作業。校內工程資料數位化是從 2009 年開始進行相關作業，2013 年正式開始應用 BIM，並發展 BIM 標準，2014 年發展 BIM 執行計畫以及重新定義建築設施管理資訊需求。在整個學校工程從 2D 圖資轉換成要求提交 COBie 和 BIM 的改進計畫中，設有以下幾個里程碑需要逐步達成：

- BIM 應用於新建築工程案
- BIM 應用於大型建築整修案
- 既有建築物現況資料實測
- 空間管理及各部門使用變動調查

為實際管理及獲得應用 BIM 的好處，且學校並非以建設為主的營利單位，因此，校方重新定義計畫成功為可持續獲得一致性的建築資訊、減少營建成本 2% 以上、減少資訊交付時間 50%、且相關資訊交付成果可立即應用於 AIM 系統中。未來則將目標放在工程資訊無紙交付、建模面積超過 75,000 平方英尺、使 BIM 模型成為建築生命紀錄文件、以 3 年為周期進行更新。經過這幾年應用 BIM 的成果與結論為：

- 營運維護資料交換可在幾小時內完成，不需要到幾個月
- 已經實現在維管人力成本上的節省
- 清楚定義 BIM 執行計畫中應注意的協調事項
- 將 VDC 工法應用在非 BIM 專案

- 初期投資已經回收

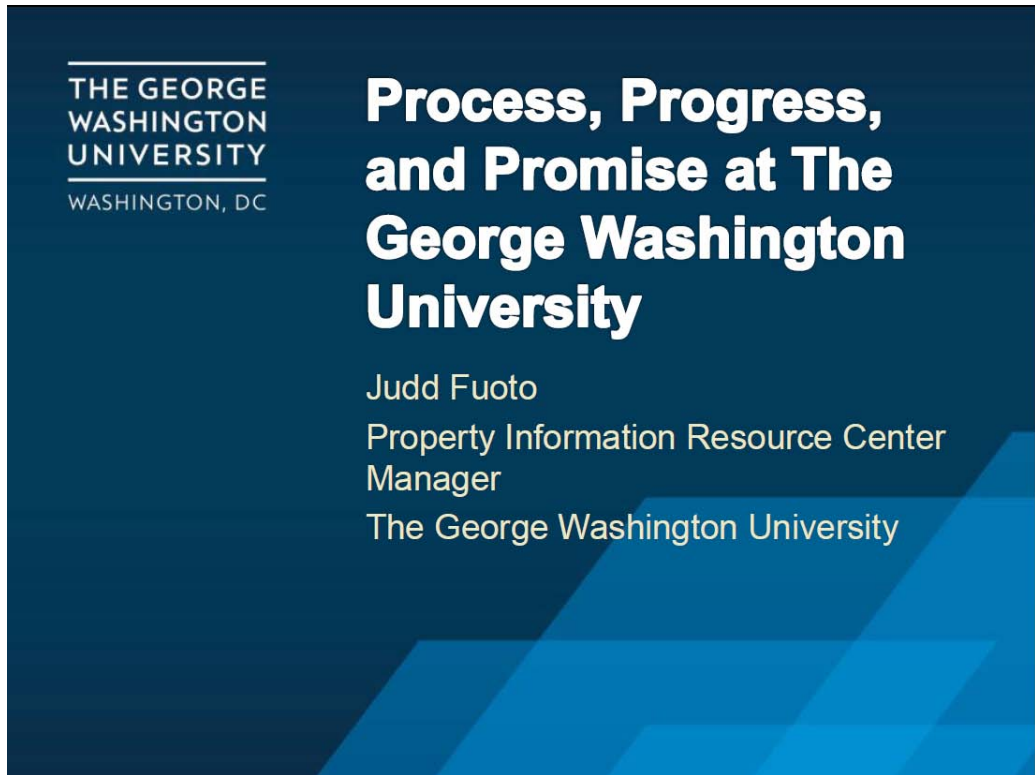


圖 6 喬治華盛頓大學簡報

The “Traditional” Method

Prior to 2009 – Living in a paper world



THE GEORGE
WASHINGTON
UNIVERSITY
WASHINGTON, DC

圖 7 工程完工交付紙本資料

Timeline

2009 – Paper archive; 2D CAD-based space plans

2010 – Began digitization of archive

2011-2012 – Leveraged 2D CAD-based space plans

2013 – Drawing archive digitized; Began developing BIM standards

2014 – Developed BIM Execution Plan; Redefined facilities management requirements

THE GEORGE
WASHINGTON
UNIVERSITY
WASHINGTON, DC

圖 8 該校實施 BIM 沿革

4、Google

而 Google 則是本次研討會中較為特別的來賓，做為一個數位服務公司，它們是以探索嘗試的心態，以內部的人力以兼辦的方式，通過傳統與 BIM 作業方式對照，直接切入營運管理階段，瞭解 BIM 可能帶來的改變與商機。雖然計畫執行時間尚短，但就其所展現的成果與野心，未來應有參與或結合這方面業務的可能性。Google 目前已經有工程應用 BIM 來管理設計及施工流程，雖然 BIM 已為營建產業所接受的名詞，但如何應用於維護管理階段，目前尚不清楚，而這也是 Google 想要嘗試的動機之一。因為 Google 剛開始嘗試並進行試行案例，其主要目的為了解如何將 BIM 應用於維護管理實務，以及新建工程與既有建築應用 BIM 進行維護管理作業之間有何不同。因此 Google 利用所屬模擬案例及既有建築物分別進行測試。在模擬案例中，Google 試著了解要將 BIM 應用於維護管理會對設計階段增加那些工作，並依照增加的工作發展對應之指南，包含部分共用的參數及命名規則，了解模擬案例與現有實務流程間的差距。這個計畫是從 2014 年一月開始，到目前僅進行了將近 6 個月，前期將先把模擬案完成，接下來將繼續進行 FM 測試、既有建物維護管理應用 BIM、相關網路設施需求、指南的測試，最後能完全掌握其價值。



圖 9 Google 簡報

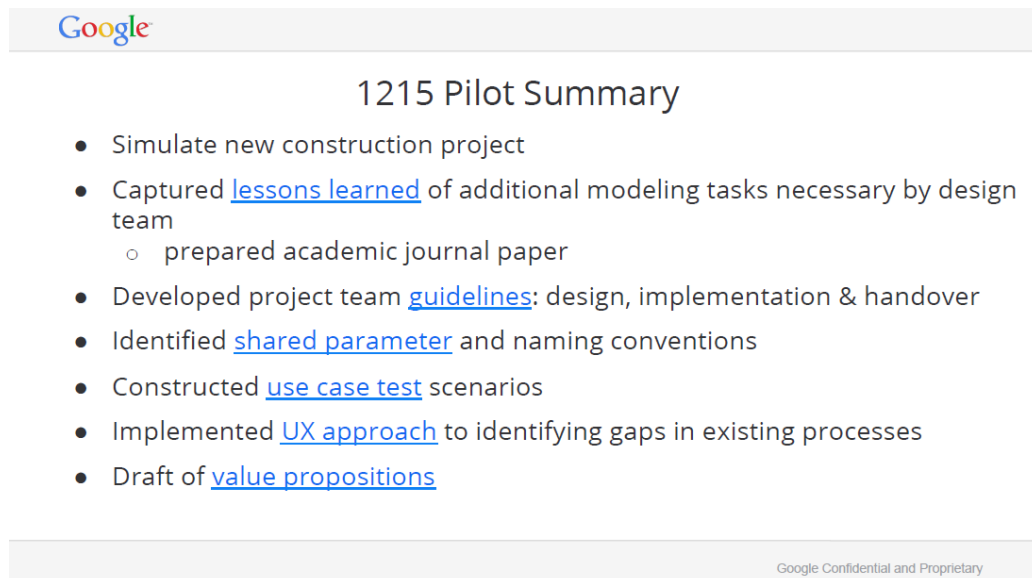


圖 10 模擬工程應用內容摘要

Timeline Overview & Next Steps

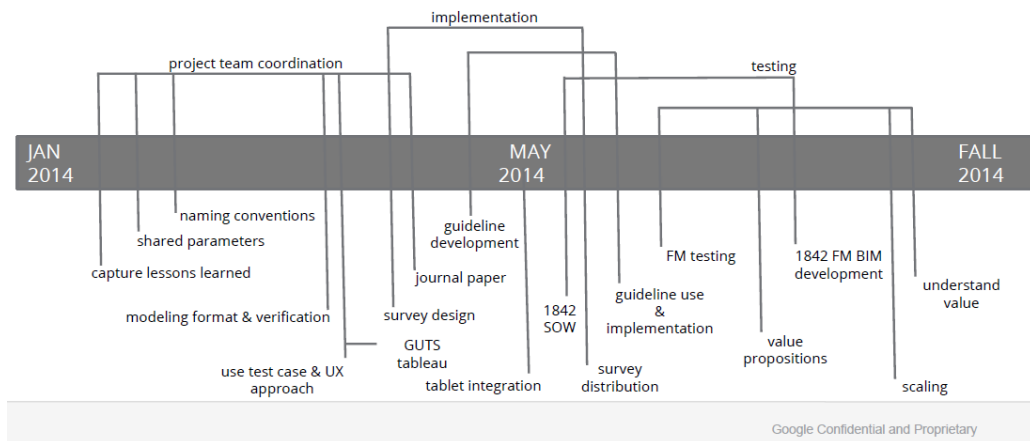


圖 11 研究計畫時程圖

(二) 重要 BIM 應用軟體簡介

「重要 BIM 應用軟體簡介」方面，首先介紹了結合 BIM 及傳統設施管理作業的軟體 EcoDomus，其特點之一是可藉由點雲技術及現有維護管理資料，為既有建築物建置維護管理專用之 BIM 模型。Beck Technologies 是國內少見的工程專案管理軟體開發商，本次展示的重點在於如何結合利用其下軟體為業主提出最佳效益的開發規劃。最後是國際知名的 BIM 模型檢核軟體 Solibri，對目前可以輔助進行的相關指南及法規進行說明。

1、EcoDomus

EcoDomus 軟體的 slogan 為「Lifecycle BIM for Handover and FM」，意即為交接與維管所建置的生命週期 BIM 模型。EcoDomus 為一個整合性的資訊管理平台，除了 BIM 之外，其結合了許多不同種類的資訊平台，如 CMMS (Computerized Maintenance Management System)、CAFM (Computer Aided Facility Management)、CDIM (Data Center Info Management)、ERP (Enterpridw Resource Planning)、BAS (Building Automation System)、GIS (Geographical Information System) 等。從工程設計階段開始使用 EcoDomus

PM 可以協助以 COBie 格式來收集與驗證完成與交接時所需的維管資訊，並在完工後將前面階段所收集的資訊以資料庫的方式提供 EcoDomus FM 平台進行資訊管理及分析。舉例來說，可以在維管階段重複比較模擬效能與實際效能，以找出需要注意改進的項目。對於既有的建築物且之前未應用 BIM 的案例，則可利用點雲技術代替建模人員，收集準確的現場 3D 尺寸資料，再以原有的 CAD 圖檔為底圖，結合之後形初階 BIM 模型。建好的模型便可經由轉換軟體 EcoDomus BIM Connector 匯入 EcoDomus 網路平台。前述所得的點雲資料，除了供作建立 BIM 模資料外，也可直接匯入 EcoDomus 中做為視覺輔助，協助維管人員更容易了解設備的空間位置，以及與其它設備間的關係。但此模型也因是由點雲而非是由含有屬性之物件所組成，導致設備更換後，可能無法在電腦上接直換件設備物件，而有需要再到現場重新掃瞄始能更新模型，因此在其軟體內充其量應為視覺輔助工能，並不能完全視為 BIM。最後，簡報提出三個應注意事項，首先，從營運管理的需求與角度來看，應將 BIM 是一個能促使各種與建築使用管理有關軟體資訊交換的平台，藉由改進的資訊流及各種分析，提供顯著的節省。其次，BIM 的建置需要充分思考的資料收集的規則，而且嚴格執行品質管控，否則，BIM 模型只是一個好的 3D 圖像，並不含有商業價值。最後，要利用開放格式標準，如 COBie, OmniClass, IFC 等，以減少成本，並確保投資能持續、有未來保證。

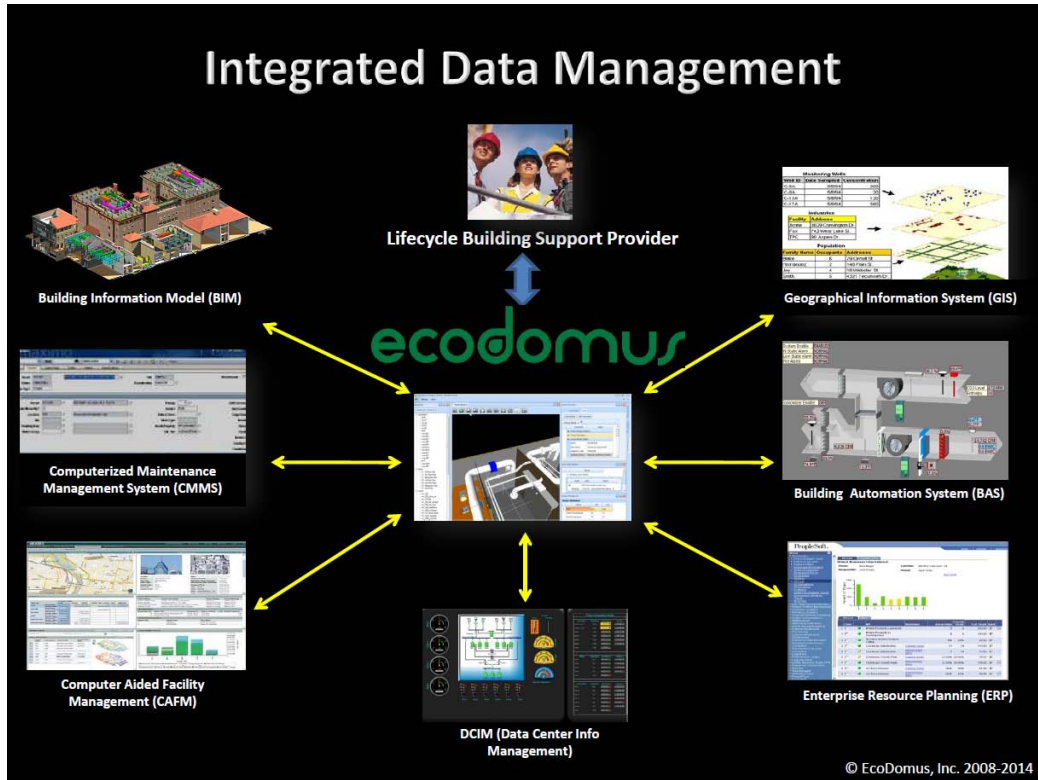


圖 12 EcoDomus 整合平台示意

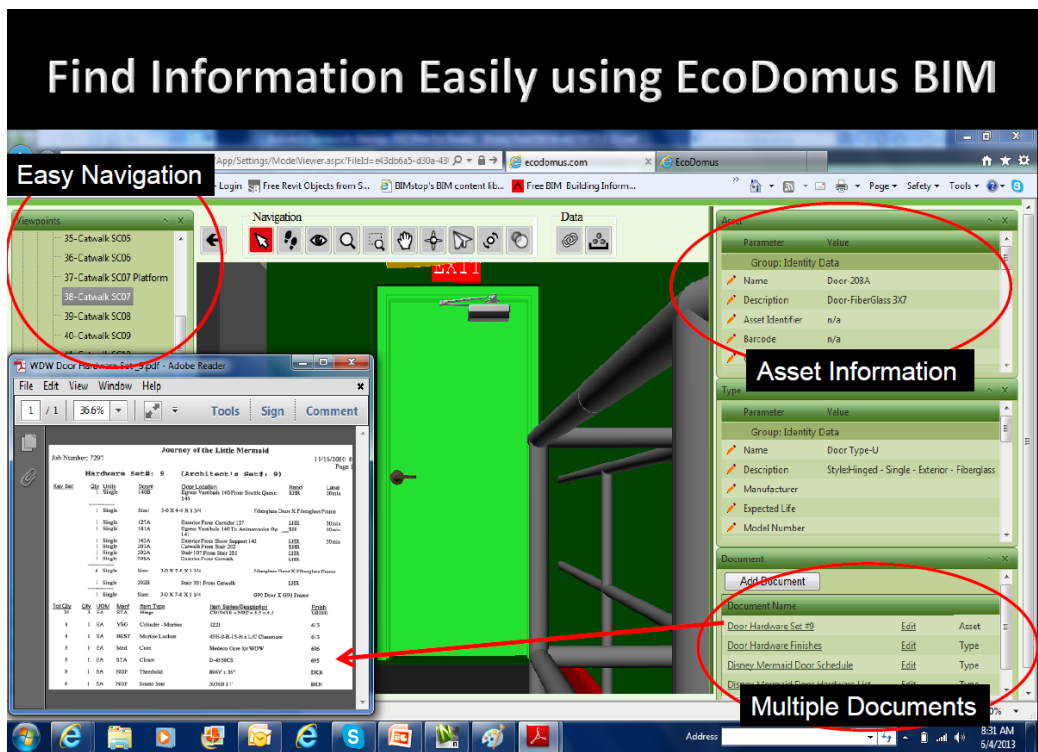


圖 13 EcoDomus 使用者介面

EcoDomus Solutions for Lifecycle BIM

EcoDomus PM™
Data Collection & Validation

EcoDomus FM™
Data Maintenance & Analytics

COBie Management
BIM Data Quality Control
3D As-Built (CAD to BIM)
Commissioning & Handover
Energy Modeling
Field BIM (iPad/Windows8)

DATA
BASE

BIM for Work Orders
Energy Management
BIM/GIS Integration
3D/2D BIM Dashboard
Up-to-date As-Built

© EcoDomus, Inc. 2008-2014

圖 14 EcoDomus FM 解決方案

Step 5: Integrating Laser Scan with FM

The screenshot displays the EcoDomus web interface. On the left, there is a navigation menu with sections for 'Locations' (listing Building1, Europe, Finland, Leica Demo, Sample Building, SCA Building D), 'Asset Data', 'File Management', 'BIM/CAD Files', 'Documents', 'Laser Scans', and 'Reports'. The central area shows a 3D point cloud of an industrial facility with several assets highlighted and labeled: '48"-277V2', 'Butterfly Valve', and '30 44 01 RECESSED FIRE EXTINGUISHER CABINET (43)'. On the right, there is an 'Asset' details panel with two sections. The top section is for 'Butterfly Valve' and the bottom section is for 'ValveButterfly'. Both sections have a 'Parameter Value' table.

Parameter	Value
Group: Id	
Name	Butterfly Valve
Description	BMP_ValveButterfly - Butterfly...
Asset Id	
Barcode	
Condition	

Parameter	Value
Name	ValveButterfly
Description	
Manufectu...	
Expected L...	
Model Nu...	
Documen...	

Link objects in 3D point cloud to the assets database

© EcoDomus, Inc. 2008-2014

圖 15 EcoDomus 點雲資料應用於 FM

2、Beck Technologies DESTINI

Beck Technologies 為 Beck Group 旗下公司之一，Beck Group 為美國有著近百年歷史的營建開發商，Beck Technologies 建立於 1996 年，原為負責解決集團內的資訊科技應用業務而生，2006 年則開始將應用於集團內的成熟解決方案商業化，其成果即為本次的主。軟體的開發過程與著名國際建築師 Frank Gehry 旗下的 Gehry Technologies 一般。Beck Technologies 技術公司提供的這個新型的 BIM 工具叫 DESTINI，是 Design ESTimating INtegration Initiative 的首字母縮寫。Beck Technologies 認為工程案的重要決策集中在設計階段，如何在時間及預算有限的情形下，協助設計者尋找「最佳利益」的設計解決方案，是公司致力的課題，本次介紹的 DESTINI Optioneer and Profiler 套裝服務即是最新的解決方案。其中 DESTINI Profiler 為 2006 年公司成立時首次推出的軟體，不同於其他的 BIM 系統，在這個新型的 BIM 工具中整合了為快速概念性項目計劃應用而不斷更新的成本核算數據庫和一個 3D 的模型系統。它使用了來自 RSMeans 公的一個 CAD 和費用數據庫的組合，使用者能夠利用它根據早期的建築圖資產生出可靠的工程案成本計算結果。而與 DESTINI Profiler 配套的則是 DESTINI Optioneer，是一個替選方案生成與優化軟體，它可以在給定的基地條件下，自動生成數個設計方案關鍵參數，交由數個 DESTINI Profiler 同時模擬與計算，再將結果回饋給 DESTINI Optioneer 進行分析與學習，在重複這樣的迴圈後，得出優化的設計方案。而所謂的關鍵參數指的是初期成本、營運成本、施工排程、施工範疇、能源使用，以及坡地挖填方等。這個整合方案目前已經應用在 11 個集團工程案上，包含不同的發包方式，如 IPD、總價統包等；不同的建築型態，如辦公室、學校、會議中心等。並可針對專案目標，如初期成本、碳足跡等，以及不同變數，如建築物數量、方位、量體、樓層數、樓高、基礎型式等，進行優化。結論認為應用 DESTINI Optioneer 可以節省成本在 3%到 20%，但目前的工作仍僅抓到皮毛而以，

BIM 未來要持續發展為 BIM2.0 的重點在於資訊如何變成知識，而要達到這個地步，相關創新的誘因或鼓勵何在？而且，營建產業是否做好改變來實際追求「最佳效益」工程解決方案？

How DESTINI Optioneer Works

- Optioneer automatically creates multiple DProfiler models within constraints.

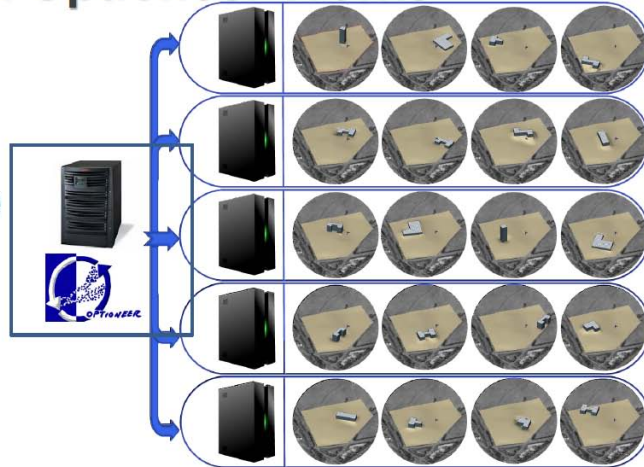


圖 16 DESTINI 解決方案架構

How DESTINI Optioneer Works

- DProfiler analyzes all relevant information required on each model.

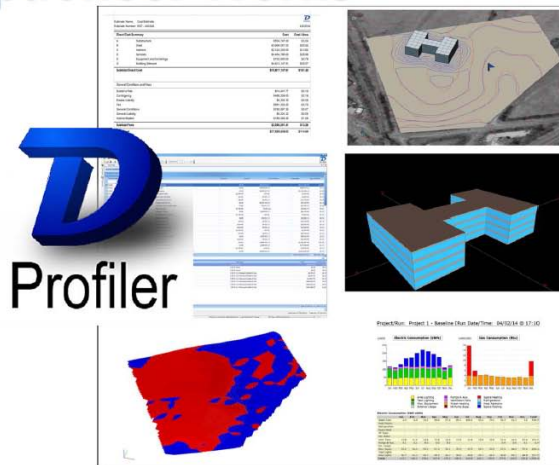
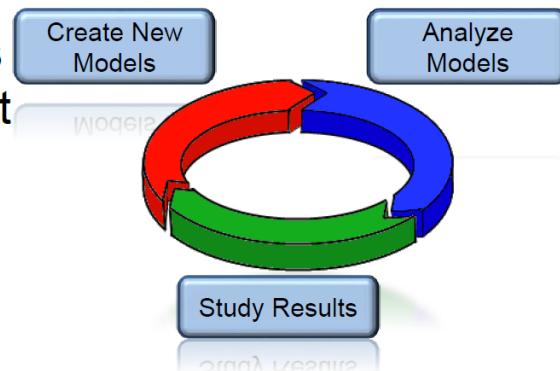


圖 17 DESTINI 替選案例平行分析

How DESTINI Optioneer Works

- Optioneer repeats this process until it has adequately explored the design space.



www.beck-technology.com



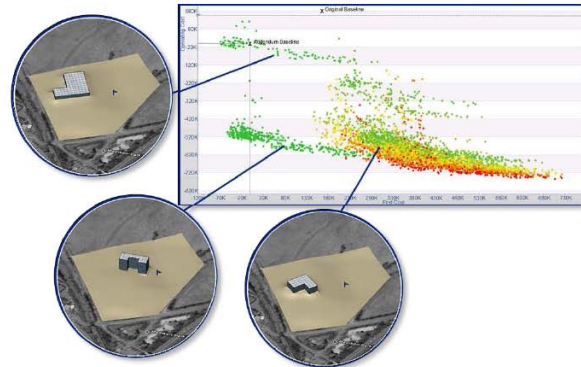
Beck Technology
Innovation in All Dimensions

888.835.7778

圖 18 設計方案優化迴圈

How DESTINI Optioneer Works

- Optioneer then provides interactive results to indicate where gains can be achieved.



www.beck-technology.com



Beck Technology
Innovation in All Dimensions

888.835.7778

圖 19 替選案例統計分布

3、Solibri

另外，國際間主要 BIM 模型軟體商之一，Solibri 也參加本次研討會介紹其最新功能。Solibri 的工作即在檢測 BIM 模型的品質，進而解決目前業界常見的問題之一，即模型間的不一致性。BIM 模型是由可被識別的元件所組成，而這些元件均含有一個主要功能。Solibri Model Checker 的工作就在於分析模型元件的準確性、邏輯性以及行為是否符合下列三個關鍵原則，角色、規則與分類法。目前可進行規範檢查的範圍已經擴增到包含各主要國家組織的 BIM 指南、美國建築法規（2012 IBC 第 10、11 章有關出入口及行動不便）工地安全規範（OSHA Parts 1910 & 1926）、模型細緻度（LOD）以及 COBie 碼分析。除了上述的檢測內容外，SMC 也可以進行模型間的比較與版本管理、空間整合驗證、空間檢查、使用者自定義規則，以及模型內資訊統計等功能，協助確認設計是否符合使用者需求、空間設置是否符合業主原先規劃、模型是否用做估量計價等實際上常見問題。此外，Solibri 目前也加入了 AutoCodes Project，美國建築法規檢查部分更是與 ICC（International Code Council）以及其它組織合作進行的 AutoCodes Project 的成果之一，目前已可針對衛生設備的設置、工地安全規定、消防避難設備的部分規定進行檢測，其目的在於將 BIM 應用於建築許可法規檢討上，相關研究方法、成果報告以及未來走向，因為時間不足，並未在會上多做說明，但相當值得國內正嘗試這方面工作的政府單位再深入探討其技術內涵。其主要目的為達到：

- 一致且精確的法規審查與核准
- 法規審查流程透明化
- 加速法規審查與核准
- 降低法規審查成本
- 減少法規審查資源需求

Rule Examples

Model Checking for Quality

- BIM Guide Validation
 - Senate Properties BIM Requirements
 - GSA (US) BIM Guide Requirements
 - Statsbygg (Norway) BIM Requirements
 - National Finnish COBIM Requirements
 - Company Specific BIM Standards
- **Building Code Checking (AutoCodes Project)**
 - 2012 IBC Chapter 10 (Egress)
 - 2012 IBC Chapter 11 (Accessibility)
- **Construction Site Safety**
 - OSHA Parts 1910 & 1926
- **LOD**
 - Verification
 - Completeness
- **COBie Analysis**
 - Classification, Verification and Accuracy
 - Visualization

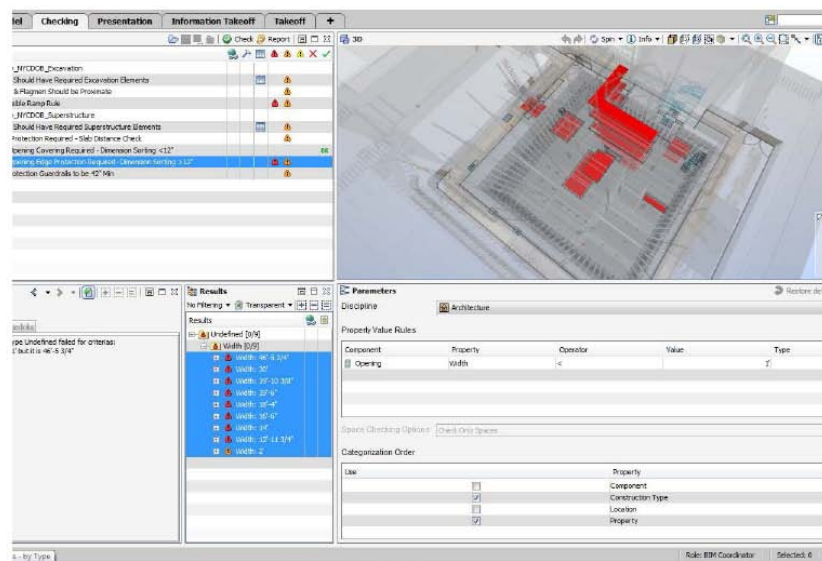
19.6.2014

CIFE SUMMER PROGRAM 2014



圖 20 Solibri 可檢測規則清單

Slab Openings



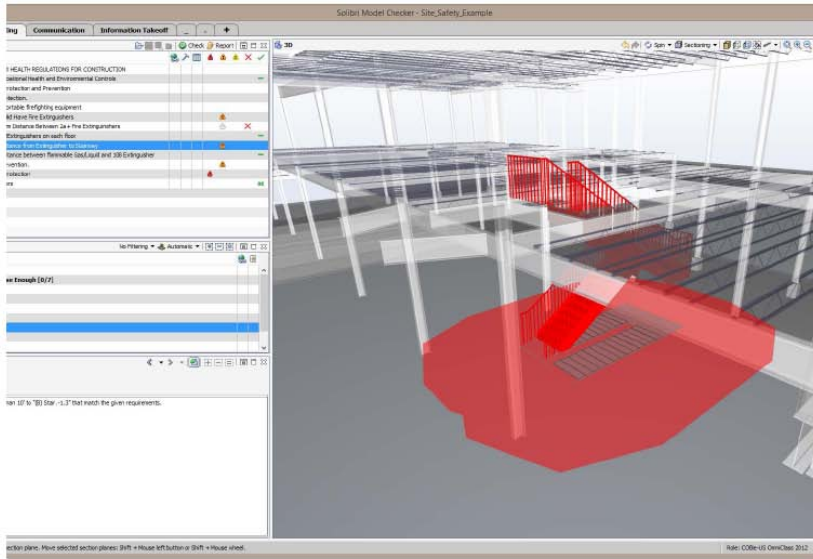
19.6.2014

CIFE SUMMER PROGRAM 2014



圖 21 Solibri 檢測施工樓板開孔安全

Component Relationships



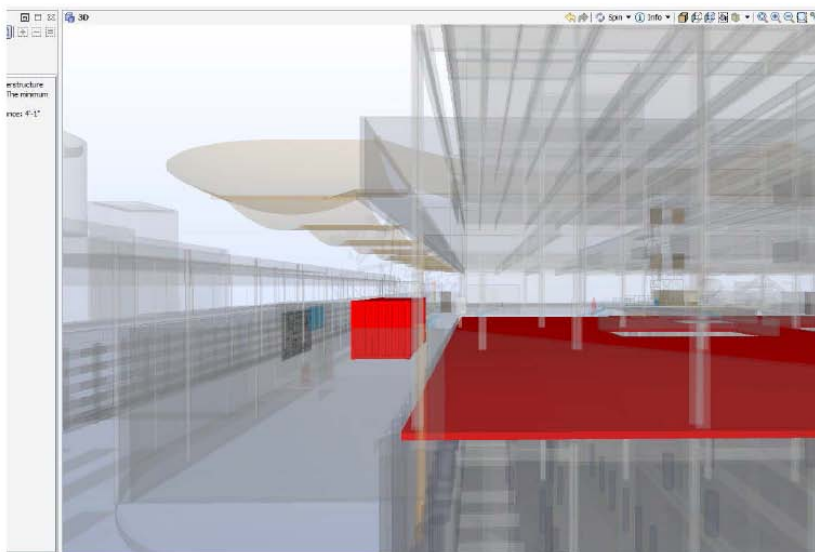
19.6.2014

CIFE SUMMER PROGRAM 2014



圖 22 Solibri 檢測消防避難設施關係

Checking Required Distance



19.6.2014

CIFE SUMMER PROGRAM 2014



圖 23 Solibri 檢測施工作業所需空間

(三) 組織團體實施 BIM 技術之經驗與成果分享

「實施 BIM 技術之經驗與成果分享」上，則以工程顧問公司、營建業角度分享協助組織內部在導入實施 BIM 的因難與對策，以及經過成功實施後，以實際完成案例與過往以傳統方式執行工程來做比較，提出實際節省之人力時間、企業文化改變，並對未來 BIM 資訊交換作業流程及標準的發展方向提出想法與可行建議。CIFE 中心副主任 John Kunz 更補充說明從各界所提出的成果即證明 BIM 已受美國營建業的認可。進行簡報的共有 DC Strategies (工程顧問公司)、DRP Construction (地區性營建開發公司)、Mortenson、Bechtel Crop. (前面二家都是全球性的營建公司)。其中 Mortenson 以該公司導入 VDC 的沿革為主、Bechtel Crop.則尚未提供簡報資料，以下就其餘公司的分享內容重要部分，略作節錄。

1、DC Strategies

DC Strategies 於分享協助業主在工程專案及組織內部導入 BIM 的時候，必需要掌握三個關於達成效率的因素，要了解現有的組織文化、要紀錄現有的資訊環境、利用機會適當應用 BIM 資料，尤其是對於 FM BIM。對建築所有者而言，其挑戰為如何將不同的目標和工序整合到建築生命週期解決方案中？而 DC Strategies 的信條為，資料與建築資產同樣重要、關於建築資產的商業決策需基於資料、在管理建築資產的資料上需要新的方式、同時兼顧客戶對於資料的可及性與透明性需求。

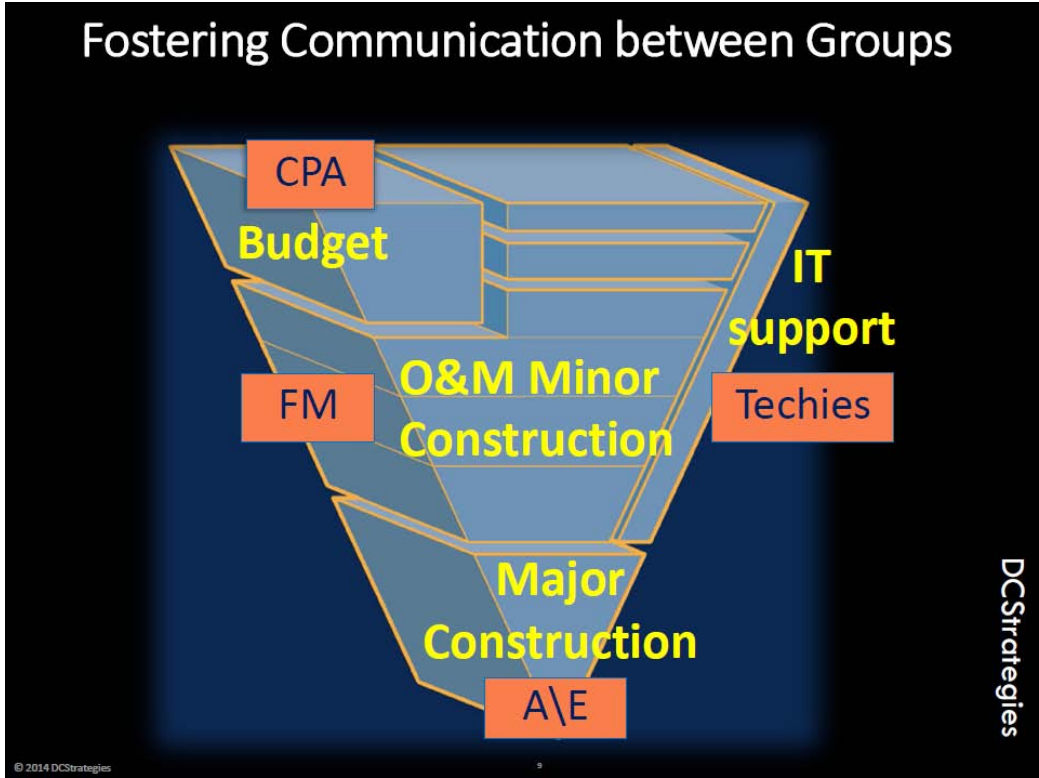


圖 24 DC Strategies 了解並預測現有的組織文化

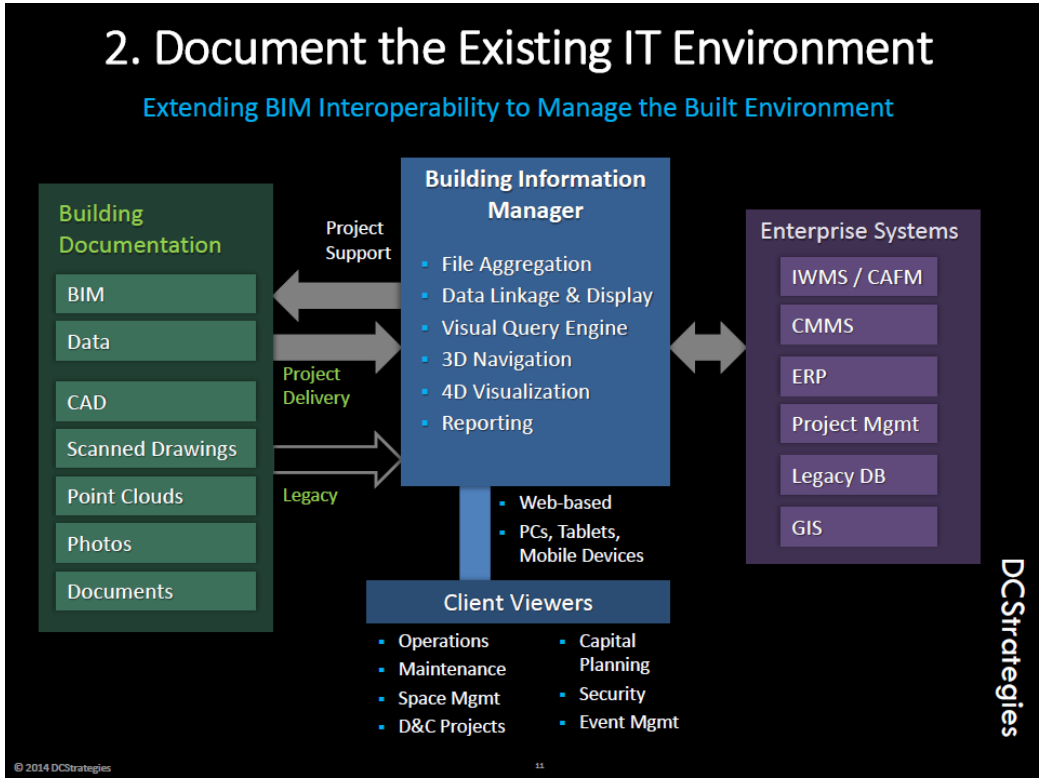


圖 25 DC Strategies 紀錄現有的資訊環境

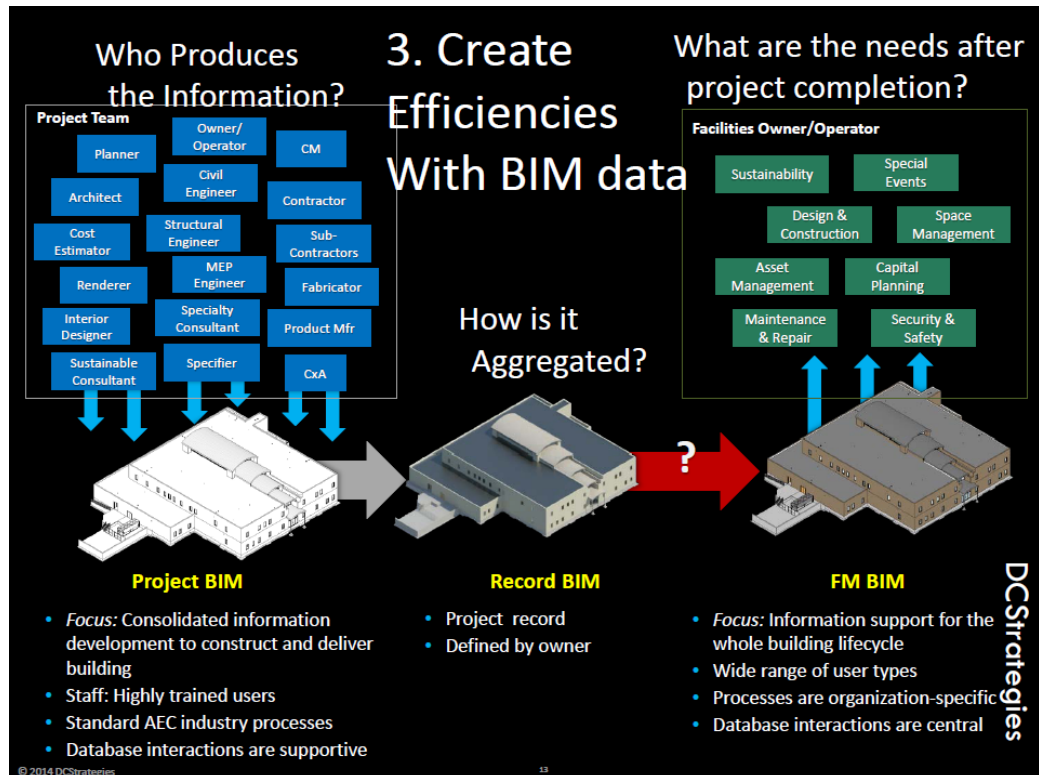


圖 26 DC Strategies 適當應用 BIM 資料

2、DRP Construction

DRP Construction 為建築營建商，資本額約為 32 億美元，主要辦公室設在美國東西兩岸主要大城，目前僱有 1,500 名全職員工。本次的案例分享是以加利福尼亞大學舊金山分校 UCSF 醫學中心，以及位在舊金山的新建辦公室為主。UCSF 醫學中心總工程經費為 15 億美元，該公司在施工階段應用 BIM 進行工程管理相關事項，建模精密度到 1/4 英吋以上，為整個應用團隊節省達 50M 美元，更增加相關生產力達 11%。該公司自 2012 年開始評估如何應用 BIM 於建築設施管理，並將相關成果用來協助 UCSF 醫學中心，結合 BIM 與 IBM Maximo CMMS，對於複雜的管路進行維管。為了應用 BIM 於 FM，必需自設計、施工階段擠出所需資訊後，再加上相關 FM 資訊。詳細的流程應為訪談使用單位維管人員並了解其資訊工具，以實際工作需求定義維管資料庫架構，並將資料庫轉換為可以整合入合約的業主 FM 資訊需求，如此才能在工程專案中擷取到有用的資訊。而在

舊金山的辦公室工程中，則更進一步將BIM結合FM進行室內空間運用管理、智慧建築監控如監視攝影機及空調控制等項目，以及建築效能優化等項目。目前則在研發新的整合電腦使用者介面（GUI），可以將主要的建築運作情形、維管警示等，如同汽車儀表板般顯示出來，讓維管人員可以快速、清楚了解相關資訊，做出最適當的決策。DRP認為要作好BIM與FM，必需先處理幾個問題，如何結合合約交付事項與營運管理需求、如何鍊出品質高的BIM FM資訊、竣工交付後是由誰來負責管理，以及潛在的資料與模型所有權問題等。

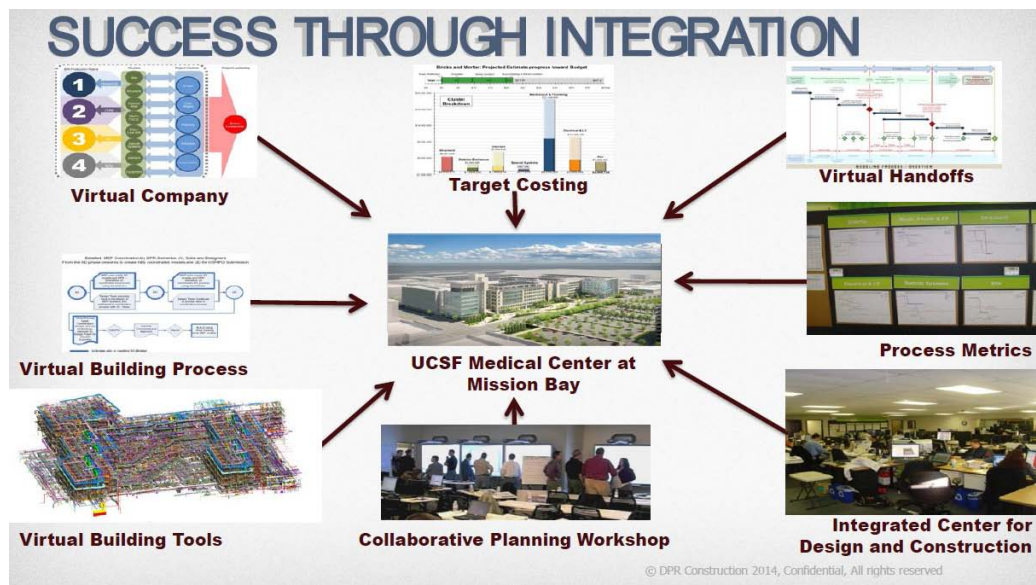
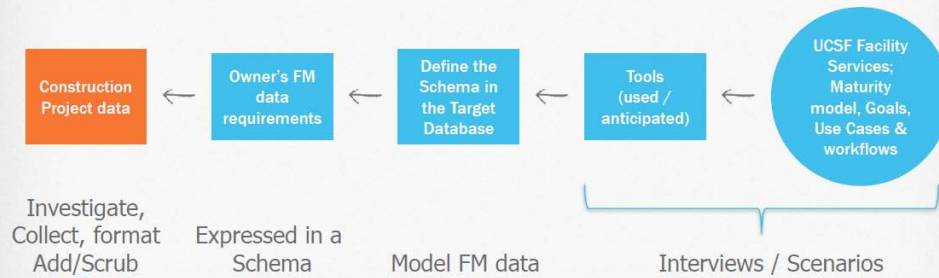


圖 27 UCSF 醫學中心 BIM 整合圖

FM ASSESSMENT STARTED IN 2012

Need to strip out Design / Construction data and add FM data



© DPR Construction 2014, Confidential, All rights reserved 15

圖 28 UCSF 醫學中心 FM 資訊需求評估

WANTED TO TEST SMART BUILDING CONTROLS

Honeywell Partnership

- EBI Integration
- Security camera's
- HVAC controls
- Space information



© DPR Construction 2014, Confidential, All rights reserved 34

圖 29 辦公室 FM 結合智慧監控

三、建築物參訪

(一) SFPUC 舊金山水利局總部(舊金山公共事業委員會)

San Francisco Public Utilities Commission Headquarters (SFPUC)，樓高 13 層，2012.06 開始營運，獲得 LEED 白金標章，被稱謂” San Francisco Greenest Office Building”，耗能比同類同規模的傳統建築少 32%（太陽能電板與風力發電，每年可提供 227,000 kWh 電量，佔 7%的能源需求，使用 daylight harvesting 系統減少照明耗能等；最先進的高架地板，每個辦公室桌下都有空調口，可以職員可自行調節通風量，減少 51%的空調用電費），在建物 100 年壽命中可為納稅人節省 37 億 (5 億,2011 年)美金。並設有污水處理系統，不會排放到建築物外側。另利用人工濕地過濾回收廢水，供應整棟大樓低流量馬桶或小便池用水，廁所水肥經過濾後也可用於中庭園藝。



圖 30 辦舊金山水利局 SFPUC 總部大樓



圖 31 大樓入口的 LEED 白金標章



圖 32 SFPUC 的中庭及園藝

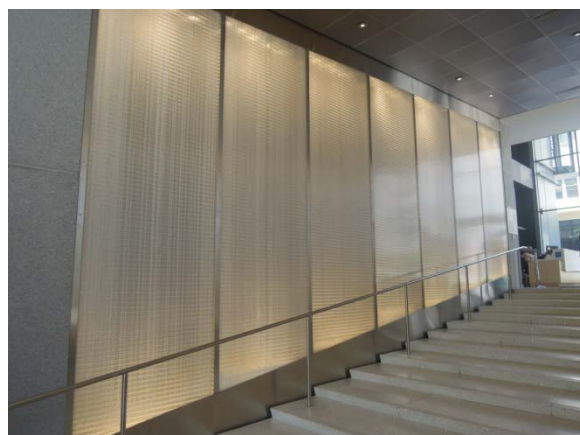


圖 33 大門(上側)至中庭間階梯之水幕牆



圖 34 “回收廢水經人工濕地過濾再利用”之標語(貼在中庭柱面上)



圖 35 “利用雨水灌口使飲用水每年可節省 4 萬加侖”之標語(貼在中庭柱面上)

大樓正面的風力發電機框架牆面，由上萬片約 13 公分正方之透明 PC (Polycarbonate 聚碳酸酯) 塑膠片鉸接在框架上，覆蓋整個牆面，稱之為「螢火蟲(Firefly)」之公共藝術作品。塑膠片內嵌磁鐵，與磁簧開關銜接。因為塑膠片會隨風擺動，白天整個牆面像水波蕩漾的湖面；晚上 PC 片激發 LED 照射，形成一副像似螢火蟲縈繞著牆面飛舞般之光境，所耗電力小於 1 顆燈泡(75 瓦)所需。

原計畫預定採用隔震系統，因預算問題改採鋼結構剛性構架含粘滯阻尼器系統，但建造費仍高最終改採垂直後拉式預力混凝土剪力牆系統。比傳統 RC 降低 50% 鋼筋用量，使用低水泥含量的混凝土，飛灰與爐渣等取代水泥用量達 70%，使材料的碳足跡整體降低 50% (fc' 560)，碳總

節省量達 7.4 百萬噸。

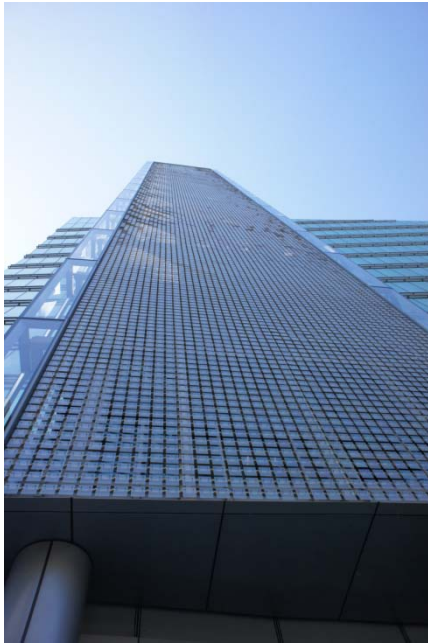


圖 36 大樓正面外牆的”螢火蟲”牆面



圖 37 ”螢火蟲”牆面之介紹

該工法將橋梁常使用的後拉預力(PT)工法，用於混凝土剪力核心牆，其預力鋼鍵自牆頂之一側鉛直向下穿過基礎端的鞍座型套管鉛直向上至牆頂之另側固定，樓板系統也使用後拉預力工法。大地震時，牆體不但可以抵抗地震力，震後可回復至原位及維持原鉛垂狀態(具自我回復的能力 seismic resilience)，震壞後可以容易且迅速修復。另外，構成核心牆的兩個牆體之間係以連桿梁連接，以發揮消能作用，而且 R 值提高 1/3。本專案計畫設計施工的進行是採 IPD(Integrated Project Delivery)模式，可做為使用先進與創新技術的永續工程之典範。

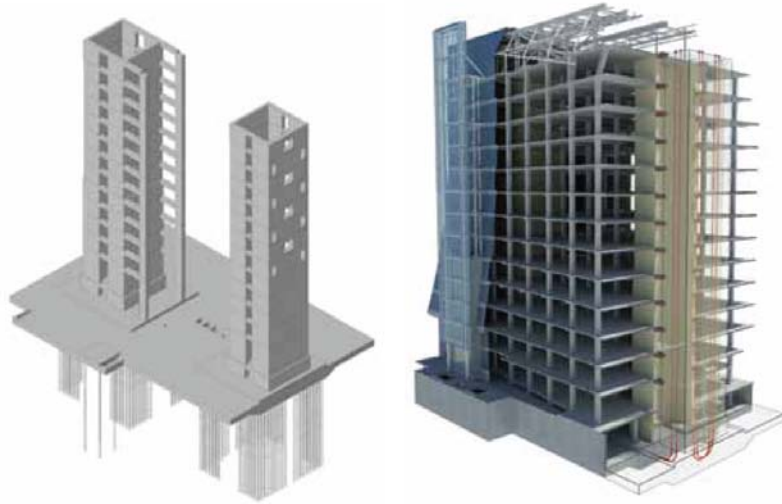


圖 38 SFPUC 的建築結構



圖 39 預力套管貫穿基礎部分



圖 40 連桿梁耐震壁體

（二）Moscone Center

舊金山市政府的 Moscone Center 是舊金山最大的會展中心，由 3 棟建築物組成，每年參訪的旅客佔舊金山全部旅客的 1/5，近鄰的矽谷科技大廠如蘋果電腦、谷歌、英特爾等的新產品發表大會或重要活動，也都在此舉行。



圖 41 Moscone Center（北棟）



地下展場由 T.Y.Lin 設計，跨度達 90 公尺，30 年的既有建築物，於 2012 年經過改建後，成為美國西海岸地區第一個獲得 LEED 綠建築黃金標章的會展中心，也是舊金山市營最大的綠建築物。Moscone Center 的屋頂，更有全美第二大的太陽能面板植栽（6 萬平方英尺），相當於 550 個家庭的能源需求，提供建築物 5% 的能源，部分屋頂並建造成公園。低流量的供水管減少室內 40% 的用水量。室內部分，由專業人員全天監控空氣品質（監測一氧化碳、二氧化硫、一氧化氮等含量）。



圖 42 Moscone Center 屋頂公園水塘



圖 43 Moscone Center 展場大廳

其展場擴建及既有部分建物的拆除所造成之廢棄物，為達到資源的有效利用，廢棄物可再循環使用之轉換率達 80%。另執行食物堆肥計畫 (food composting program)，針對該中心各賣場及餐飲處的所有有機材，包括食材及可堆肥餐具等。

莫斯康永續工程的成功經驗，主要也是因數個不同參與單位，包括公司、廠商、及市政府、公會團體等之間的協同與合作所達成。

(三) 加州科學博物館

加州科學博物館創建於 1853 年，位於美國第二大公園-金門公園內，是美國西岸第一座科學博物館，是世界上最著名的自然歷史博物館，約 10 年前重建後獲得 LEED 白金級環保標章，是該等級中世界上最大的公共建築物，其正對面可遙望奇特的 de Young 美術館建築物。



圖 44 加州科學博物館

(自其對面 de Young 美術館拍攝)

加州科學博物館內種植了約 200 種的植物，棲息著 1,600 多隻動物，250 種鳥類。有熱帶雨林館，有水族館，也有可觀看星象的天文館，可稱是集陸海空於一體的超大展覽館。



圖 45 加州科學博物館大廳

館場的屋頂利用植被構成圓球形綠色頂蓬，將建築物與屋頂外的花園景觀相銜接，更提高了空調效率。其 15 公分厚的屋頂土壤基質層除了發揮自然的隔熱效用外，每年更可貯留 360 萬加侖的雨水，抒解暴雨溢流。屋頂的太陽能板每年產生 21 萬 KWh 的電能，提供全館 10% 的電力，可減少 40 多萬磅的溫室氣體的排放。有鑑於 10m 高的公共空間使用強制熱風供暖系統太過浪費，混凝土樓板內有埋置熱水管線，以幅射供暖系統取代，可節省 10% 的電量。另落地窗使屋內光源來自於自然採光達 90 %，館內使用紙張中 50% 以上是使用再生木材。



圖 46 加州科學博物館球形綠色屋頂

肆、建議事項

本次赴美短期研究所獲得有關 BIM 輔助設施管理之新觀念與突破性應用的資訊，除作為本所執行 BIM 中程計畫之參考外，亦可分享給國內應用 BIM 相關單位，國內相關中央地方政府單位如行政院公共工程委員會、內政部營建署、本所及臺北市、新北市等，都已開始思考或宣示推廣 BIM 技術，如 GSA 之維護管理雲、法令檢查應用走向以及開始以營運管理為應用重點的趨勢等，均相當值得國內公部門及相關單位借鏡。

一、及早投入設施管理階段應用研究

前面提到，本次參加研討會的單位中，最意想不到的就是 Google 的參與，尤其是連 GSA 也對 Google 先行計畫的執行速度與初期成果感到訝異，更在會上提問未來是否會有「Google BIM」的服務出現。其實如果從 Google 拿手的資料庫收集、建置與應用之商業模式來看，在掌握全球主要地區地圖圖資市場與實況街景，甚至在臺北的地圖上主要的建築物都已經有簡易 3D 量體的思考模式下，積極尋找可行的方法來收集資訊填滿目前可能是空空如也的建築 3D 量體內部，藉以擴大其空間資訊事業的版圖，也不無可能。若以目前 Google 已經和某些建築物合作，將實況街景服務帶入建築務內部的商店空間或開放空間這個發展為例，Google 的嘗試或許是在思考在結合現有空間資訊後會為其帶來那些新藍海商業模式。雖然 BIM 資訊與地圖、街景不同，不能再用攝影車在路上主動收集資訊的方式取得，但是，若再加上 Google 目前的 Project Tango 利用智慧手機或平板上的相機、深度感知器、3D 感應器等，就可以做出類似目前點雲機的室內 3D 虛擬影像，再過 10 年或許個人也可自行製作簡易 BIM 模型。無論如何發展，如此一個資訊業巨擘對於 BIM 與 FM 的影響，必定會是一件相當值得關注與深思的事件。

目前國際間 BIM 技術應用較集中於設計與施工階段，尚未擴及維護管理階段，但相對於建築物全生命週期而言，如何延伸與深化應用於維護

管理，是一個更有潛力的課題，但從本次會中所分享的經驗來看，也因 BIM 在建築物完工後，可以應用在維護管理、建築效能、資產管理、避難等，較施工階段更為廣泛的層面上。此時 BIM 不再是主角，而成為不同管理目的平台所整合的對象之一，其主要目的為提供建築物相關資訊，而為能使 BIM 模型中含有可用正確的資訊，會上提供的經驗是，規劃業主資訊需求、律定收集規則與標準、嚴格執行品質管控。因此，為了及早建立國內 BIM 應用於 FM 的基礎，提高建築營運效能，建立堅實的資料庫基礎，增加現有公私部門空間資訊服務，培植新型態具國際競爭力之建築資訊應用商業模式，建議如下：

- 研析國外應用於建築營運管理與維護的案例經驗與技術，提供國內拓展應用之參考，尤其在於如何建立業主資訊需求上。公部門可先比照英國擬訂公有建築營運效能提昇政策，輔助使用單位規劃資訊需求，應用 BIM 的模擬功能與資訊豐富性來提昇建築效能。
- 配合智慧綠建築的政策，除了在基地配置與規劃設計階段時的環境影響與日照節能評估外，建築物內部資訊網絡與感知器材的部設，將會廣泛運用與日趨複雜，如何結合 BIM 技術，利用可視化技術（Visualization technology）來發展更方便的資訊蒐集與使用調控、模擬等，將有助於維持建築空間在使用階段能確實符合甚至改善原設計功能。
- 研究建立不同建築類型之資訊需求規則，應用國際間常見之 COBie 標準，依照國內的工程案例及一般物業管理公司之作業模式，研擬改良本土化設施管理機制。
- 進行大尺度、精細度較低的空間資訊整合應用研究，了解其應用模式與資訊需求，建立與其它系統整合流程與平台。

二、結合 AEC 學者專家力量使 VDC 或 BIM 知識儘速普及於工程界

從本次 CIFE 夏季課程，瞭解到美國史丹福大學在 2001 年即開始即有 VDC 相關研究，甚至有開課，而在國內對於 VDC 的內容，曾有術語的介紹但深入的論述不多。VDC 可以創造一個整合的架構及一些管理計畫的方法，含括建物元件、人員組織及程序流程；BIM 則主要在建築模型元件的處理上，也就是建模，屬於 VDC 架構的 POP 模型的一部份而已。本次講座都在提 VDC，很少只針對 BIM 在論述。講者則涵蓋美國產官學研的實際參與者，除介紹官方業主的推動經驗，更結合了業者的一些實例，讓學員體驗到產官學研在該領域的緊密互動，整個研討過程就像似一個 IPD 的執行體驗。回顧國內的相關推廣研討活動，對於 BIM 的重視雖已有 2-3 年，但仍停留在其重要性、功能性的介紹，或一些工程案例的簡要說明，有系統的深入的論述不多。建議國內相關領域學者除專注於學術研究外，請重視學術資訊的推廣，（1）對於 VDC 或 BIM 領域的國外先進學術資訊，多作深入淺出的介紹，以利業主乃至工程基層人員瞭解；（2）對於國外先進 VDC 或 BIM 相關的應用指南及手冊等，結合 AEC 各領域的相關學者專家以組織的力量進行詳細的翻譯(相關術語與中華圈學者專家討論適當訂定)及解說；（3）期望國內相關學者專家儘早推出 VDC 或 BIM 相關的中文書籍（近鄰日韓兩國從 BIM 的原理到 BIM 的應用乃至品質檢核等在其 BIM 正式推動初期即已有相關出版品），以讓 VDC 或 BIM 知識儘早內化，利於在本土的應用發展。