

# BIM於捷運車站生命週期應用

王昌昀<sup>1</sup> 蘇瑞育<sup>2</sup> 蔣定棟<sup>3</sup>

## 摘要

臺北捷運首次導入BIM技術於車站站體設計，BIM技術除了能應用於初期建築設計外，更可應用於後續施工階段及營運階段，提供了完整的全生命週期應用。BIM技術發展至今，功能及應用面仍是不斷增進，可以用日新月異來形容，而每個國家的工程發包制度、法規及技術應用層度也大不相同，所以尚未有統一的作法及流程，每個地方應發展適合國家國情及符合單位需求的BIM作業方式。

本文就捷運工程以全建築生命週期可應用的BIM技術提出初步看法，包含設計階段的系統整合、施工階段的營建管理及營運階段的設施管理，從這幾個面向切入BIM發展可應用的發展，並提出一些未來可採用的建議參考。

關鍵詞：BIM、建築生命週期

## The Application of BIM to MRT Station Construction Life Cycle

Wang Chang-Yun<sup>1</sup> Su Jui-Yu<sup>2</sup> Chiang Ting-tong<sup>3</sup>

### Abstract

Building Information Modeling (BIM) has now been applied to the stations' structural design on the Taipei MRT project for the first time. BIM is not only suitable for use in the early design phase, but also in the subsequent construction and operation phases of a building, providing applications for use throughout its full life cycle.

Nowadays, BIM technology is still developing at a fast pace, including functions and applications. On the practical side, tendering systems, regulations, and technology applications vary from country to country. Accordingly, no unified operation system or workflow exists and each country has to develop BIM operations suitable for individual situations and needs.

This paper provides an initial perspective of the application of BIM in full life cycle management of the MRT project, including system integration in the design phase, construction management in the construction phase, and facility management in the operation phase. The authors also provide suggestions for future development of BIM from different perspectives.

**Keywords: Building Information Modeling (BIM), full life cycle of a building**

<sup>1</sup> 臺北市政府捷運工程局幫工程司

<sup>2</sup> 台灣世曦工程顧問股份有限公司BIM中心設計組副理

<sup>3</sup> 台灣世曦工程顧問股份有限公司BIM中心技術經理

11084@trts.dorts.gov.tw

mikesu@ceci.com.tw

ttchiang@ceci.com.tw

## 一、前言

臺北捷運於1988年起開始新建，從初期路網擴建至現在的後續路網，服務水準從軌道運輸標竿聯盟(Nova)提升到國際地鐵聯盟(簡稱CoMET)，臺北捷運從設計到施工已累積相當多的經驗，捷運車站從設計規劃到施工營運的周期比以往縮短不少。而在這期間，建築營建產業發生了產業性的革命—建築資訊模型(Building Information Modeling，簡稱BIM)，BIM涵蓋幾何學、空間關係、地理資訊系統、各種建築元件的性質及數量，同時可展示整個建築生命週期，包括了興建過程及營運過程。建築資訊模型應用效益相當多元，更重要的是能為業主節省工程成本及縮短工期。世界各國紛紛頒布BIM標準，新加坡更率先使用BIM建照審查作業，這股旋風從國外影響到國內建築營建產業。

捷運站體設計使用BIM軟體進行三維設計，初期是由國內工程顧問公司先行嘗試，後由台北市政府捷運工程局在捷運萬大線委託技術服務設計標中提出BIM建置規定，為政府機關首次明文要求設計標案需以BIM設計及交付成果，是台灣推動BIM的重要里程碑，後續影響政府部門在眾多大型公共建設中導入BIM作業，以至於台灣目前BIM發展可以用遍地開花來形容。

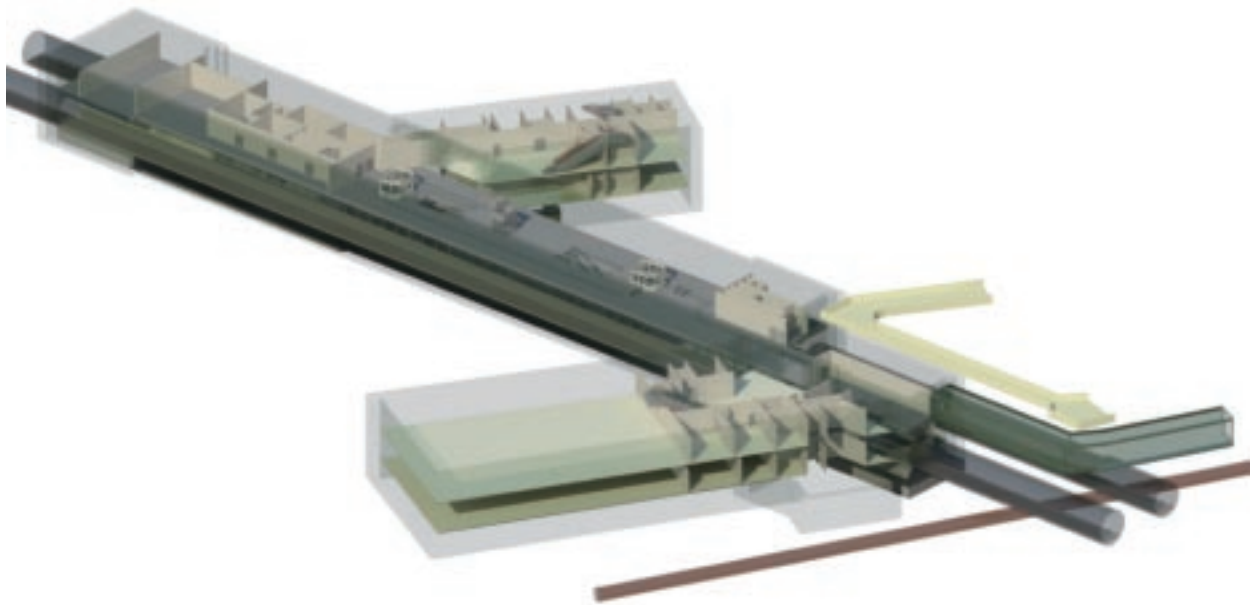


圖1 臺北捷運萬大線LG06站BIM模型

## 二、BIM建築生命週期應用

BIM的應用初期是以設計應用為導向，由傳統二維空間設計轉向三維設計，更重要的是其描述三維空間的資料，其資料可被擴充其他資訊，如材料、施工進度、數量等資訊，經過資訊開發可延伸至施工至營運階段應用，其適用範圍包括了建築營建的全生命週期，已超乎當初所預估的價值，經統計，BIM為美國建築設計業帶來的淨收益和投資報酬率(ROI，Return on Investment) 保守估計超過35%以上，特別是在建築生命週期越後期所發揮的效益越

高，但大部分的業主尚未意識到BIM能為自身營運及維護效益有重大的影響。

提到建築全生命週期，就必須提到另外一個面向—基礎發布綜合項目交付(IPD, Integrated Project Delivery)，美國建築師協會(AIA)以BIM為基礎發布IPD的交易模式，將人員、系統、業務結構及實踐整合到一起的工程交易模式，這種交易模式貫穿整個建築生命週期，可以結合各相關團隊的智慧及經驗，對專案進行最佳化，減少工程浪費，更有效率地完成既定目標。在IPD的交易模式下，由專案各項主要相關成員，如開發商、建築師、專業技師、施工廠商、分包商甚至營運團隊，在專案早期就介入其中，透過IPD的合約關係，團隊成員的風險和利益一致，能有效節省工程費用、工期、降低風險及共同分享利益，相當適合大型工程項目及統包案。在國內環境要突破傳統契約關係，重新建立利益分享的IPD團隊是有一定的困難度，但是IPD的概念同時以BIM來執行專案，在一般統包案仍是有機會執行IPD概念，並得到效益。以圖2來看，傳統設計流程在施工階段設計變更所必須付出的成本是相當高的，若能在設計階段以BIM整合統包團隊，這時候設計方案還在擬定過程就能避開施工風險，找尋最佳設計方案，所以，在專案早期導入IPD模式便能有效降低工程營建成本。

所以就上述論點來看，BIM不能僅僅歸類為工具軟體的使用，BIM是一種新的工程作業模式，會影響各專業設計人員的設計方法，影響業主審查作業的模式，也影響各角色參與專案的順序。對業主而言，要享受BIM的好處，必須深刻了解每各角色參與的深度，在合約中重新安排每個角色的權利義務，如此，專案推動BIM的成功機率相對會提高許多。

當然BIM的基礎仍是BIM設計軟體，目前符合BIM定義的軟體及延伸性分析應用的BIM軟體眾多，而各家軟體的檔案格式也不盡相同，檔案之間的轉換標準大致依循IAI組織(the International Alliance for Interoperability)所建立的標準IFC(Industry Foundation Classes)，目的在於建築全生命週期中提升溝通、生產力、時間、成本及品質，為全球的建築專業與設備專業領域(AEC/FM)的資訊共享平台，建立一個普遍定義的基準。IFC格式雖普遍被各BIM設計軟體所支援，以實際操作經驗來看，並非所有的建築模型類別都能被IFC格式所定義，所以在格式轉換過程中，模型丟失的情形仍是偶爾發生。

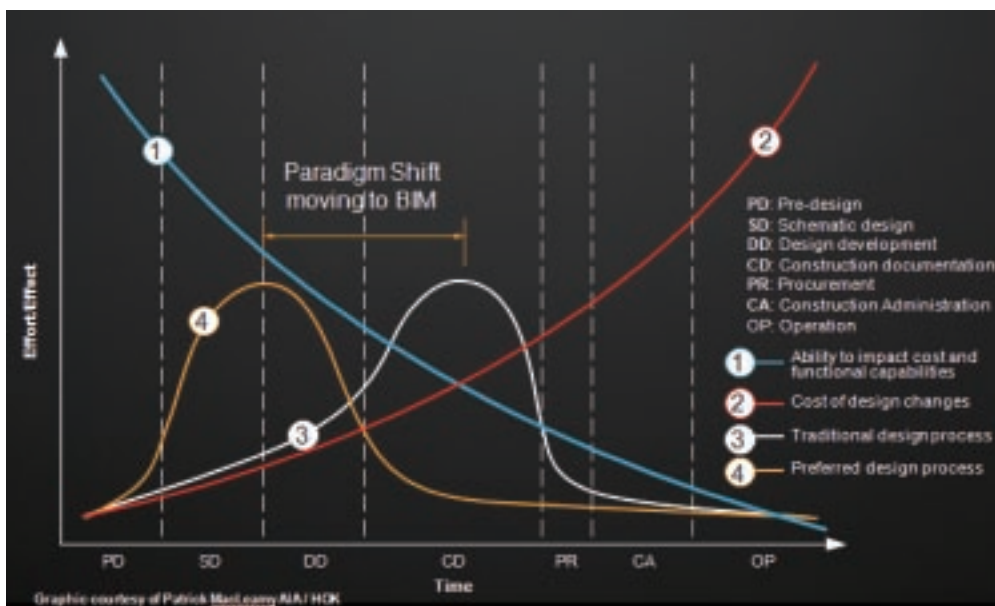


圖2 IPD/BIM導入改變傳統作業流程

圖片來源：Patrick MacLeamy AIA/HOK

### 三、設計階段應用

BIM最早用途是除了3D設計外，更重要的是能協同作業，整合各建築專業的設計方案，包含建築、結構及機電等…項目，以平台的方式及視覺化的形式整合了各專業的圖檔及設計介面，在設計過程當中就能了解各專業的介面及避開衝突的發生，降低來回溝通與整合的時間，同時提升了設計品質。因為BIM的資料特性，3D設計作業完成，同時完成各項平面、立面及剖面的圖資，再經過人工的尺寸、符號、圖說等標示後，既可完成交付成果，期間有任何修訂，各項圖面自動同步更新，避免以往平面、剖面無法對應的問題，也避免圖面未更新的錯誤。

以捷運站體設計為例，一份完整設計圖說可能需要上千張的圖紙才能完整描述一個完整設計方案，設計者需要花費相當多的人力資源在照顧圖面。導入BIM設計作業後，設計者轉而需要更忠實的處理立體空間的設計議題及傳統平面圖可能忽略的設計問題，藉此提升設計品質，降低後續施工風險。

捷運站體的機電系統的設計項目相當複雜，以往機電相關系統的整合依賴平面式的CSD/SEM套圖，將各項機電管線設備圖合併到單一圖紙，並透過人工判讀立體空間的管線位置，必要時以剖面示意管線上下層的關係，避免系統管線之間的衝突，避免管線與結構之間的衝突，往往難以面面俱到，發包後交由施工廠商再整合，施工時遇到衝突再辦理設計變更，更甚者遇到無法重做的狀況，業主只能被迫接受現況。BIM的特質是以協同作業方式進行設計，將各建築專業整合，清楚的交代各項機電系統在立體空間的交互關係，在設計過程中就隨時在檢討衝突面，透過數據化的機電設計可精確反映空間對維生系統需求量，管線設計最佳化，降低空調壓力損失及管線流量損失，提升設備運轉效能，達節能減碳之效。

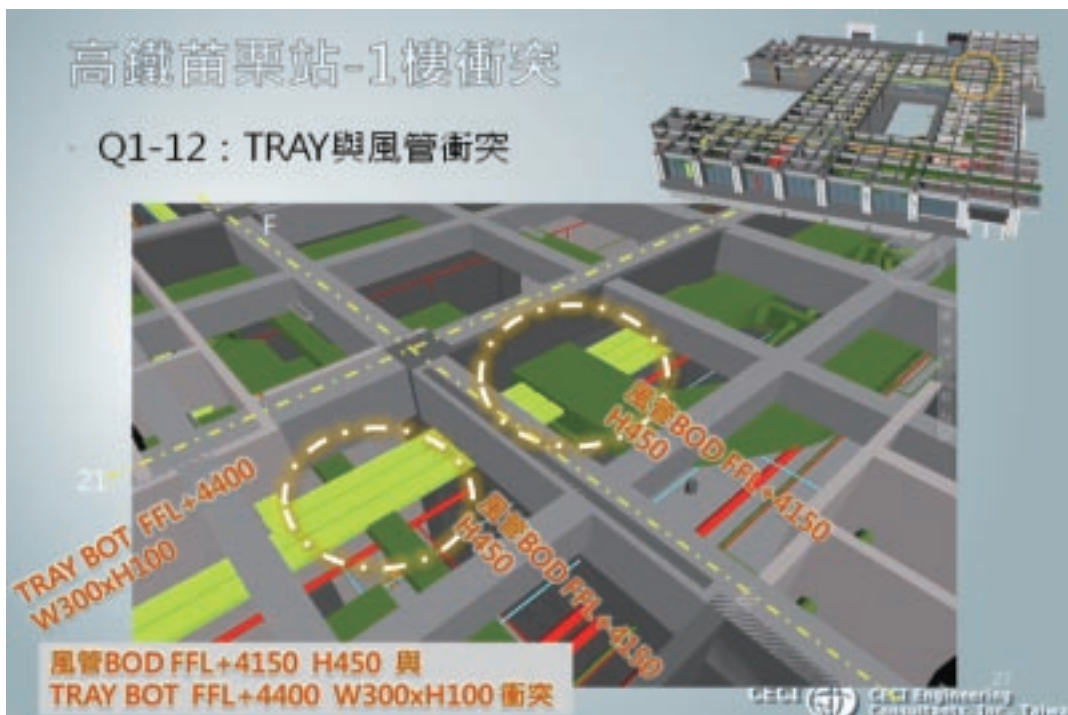


圖3 台灣高鐵苗栗車站應用BIM做 CDS衝突檢查

圖片來源：台灣世曦

設計單位初期導入BIM，必須預備設計人員教育訓練、設計資料庫建置、軟硬體設備的投資，並整合各專業部門進行設計流程的整合，這些成本在推動BIM初期都是難以避免的，但相對的卻能降低施工階段的施工風險，對業主是很有幫助。此外BIM所產出圖面較以往CAD的描述方式稍有不同，在繪圖規範應當也要有所因應。

對業主而言，導入BIM之後，設計單位交付傳統圖紙及BIM模型提供業主審查，審查作業方式也應有所調整。BIM模型最大效益在於視覺化溝通，業主可透過免費瀏覽器體驗BIM設計成果，在立體空間中感受空間尺度，預先體驗捷運乘客搭乘捷運的視覺感受及空間使用舒適度，使業主對空間機能配置有更明確的想像，審查意見可直接在立體空間中標註，明確點出審查意見及需求，減少業主與設計單位來回溝通的時間，滿足業主空間需求及建築機能。

#### 四、施工階段應用

捷運站體施工標尚未以BIM模式發包，可預見的是未來，在施工標的招標文件將明文要求施工廠商須以BIM模式進行施工作業，BIM如何應用於施工階段將是最大的課題。施工廠商運用BIM可分為幾個面向來執行，施工圖設計、施工管理、進度管理、成本管理、預鑄加工及竣工圖，BIM的這些應用在國外已經過實證，而國內的營造廠商正開始嘗試導入，分包廠商之培養也仍在努力，方法與流程正在模塑。

BIM模型在施工階段須配合施工廠商的施工方式、分區、工序進行細化設計，尤其是機電包商進駐之後將實際選定之材料、系統設備及施工需求落實於圖面，當初所設計階段所提之BIM模型必須更新及細化至施工版本。以往若採傳統2D模式設計作業，未提前在設計階段透過BIM模型整合，很多施工的衝突問題及重工的問題就會在施工階段接連發生。BIM在施工前，避免施工衝突的效益是相當明顯。而更根本性的解決方案，可呼應之前所提的概念—IPD模式，若施工廠商能在設計階段就參與整合，便能降低施工階段設計變更所必須付出的成本，但這必須檢視國情及專案特性是否適合統包。

BIM模型同時可應用於施工監造，由於近年平板電腦運算能力大幅提升及無線通訊能力，主要幾個BIM軟體廠商相繼開發出BIM APP軟體，能自由操作流覽BIM模型空間，透過模型與工地實地比對，確保施工品質及按圖施工。在工地發現施工衝突點及施工缺失時，可透過平板電腦於BIM模型對應位置註記審查意見，做為後續要求施工廠商改善之憑據。同時也協助廠商把BIM流程帶到工地現場，幫助施工廠商實現工地施工流程自動化，例如，自動生成品質、安全及試驗清單，自動分發計畫和圖紙等。



圖4 運用平板電腦作施工品質查驗

圖片來源: Vela Systems

BIM協助業主及施工廠商管理設計變更，營造廠商經常遇到業主的設計變更，無論是因為設計衝突或是業主需求變更所帶來的設計變更，設計變更對業主及施工廠商都是風險，直接影響施工品質及追加預算，設計變更之所以會產生這些問題在於對現況無法全局的掌握，

改了隔間大小但是機電管線沒有配合上；改了手扶梯位置，但與結構梁的位置衝突，造成重工及施工的浪費。導入BIM施工可改善以往無法綜覽工程全貌的問題，每個版次設計變更的模型修訂都有完整的數量計算，協助廠商追加工程款或是責任釐清。

工程至竣工階段，施工廠商依據施工現況修訂的竣工模型交付給業主，最終可應用於營運使用的基礎空間幾何資料。

## 五、營運階段應用

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年務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) 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) 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) 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)及二維條碼方進行數位式盤點，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) 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) 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) 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，使得設施管理得以永

續經營。

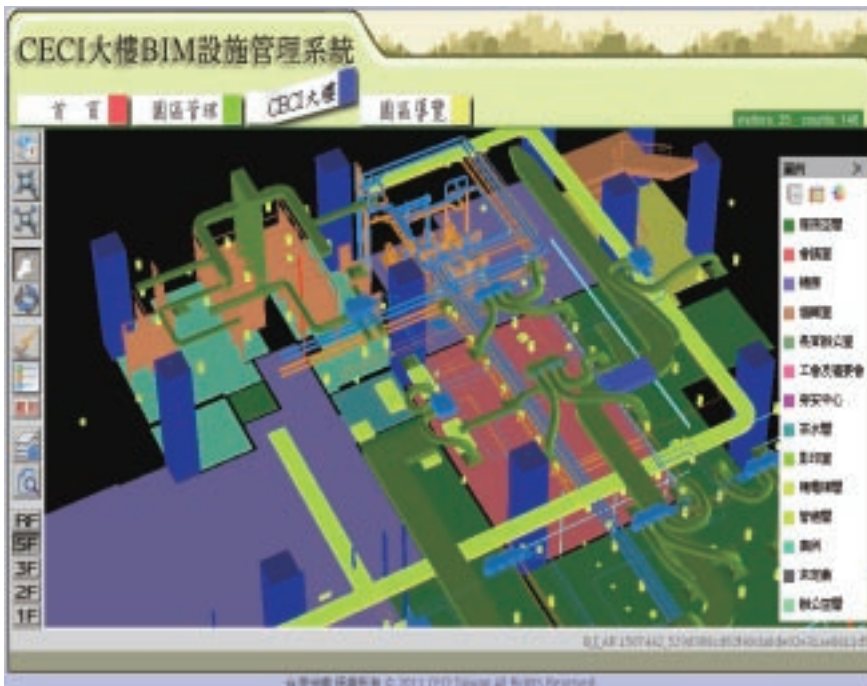


圖5 BIM設施管理系統

圖片來源：台灣世曦



圖6 行動裝置巡查點檢

圖片來源：台灣世曦

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。

## 六、結語

BIM推動計畫已經在臺北捷運萬大線設計服務標啟動，成功的為台灣BIM發展踏出第一步。萬大線各標段依據合約要求，採用BIM模式進行捷運站體設計，同時導入建築、結構及機電專業，設計過程中已發揮了跨專業整合的效益，降低設計介面發生衝突的問題，提升設計品質。未來施工廠商可依據細部設計階段之BIM模型發展施工用的BIM模型，並將施工用BIM模型發展施工計畫、4D施工進度、施工定位、施工品質查驗…等應用。但後續營運階段的發展與應用所涵蓋的專業相當廣泛，實務執行上勢必將遭遇一些困難需要克服，需要台灣各專業領域人員共同努力，同時也更需要政府機關的持續推動，如：培養BIM相關產業及學界人才，鼓勵能執行BIM的上下游施工廠商。BIM的成功推動可提升台灣公共建設品質，也提升台灣BIM整合應用的深度及國際競爭力。

## 參考文獻

1. 陳嘉懿，2010年5月，「智慧空間的設施管理-以Crystal House為例」。
2. 陳建謀「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。
3. Integrated Project Delivery: A Guide, AIA National, AIA California, [http://www.ipd-ca.net/PDFs/AIACC\\_1108FAQ.pdf](http://www.ipd-ca.net/PDFs/AIACC_1108FAQ.pdf)
4. Vela Systems, <http://www.velasystems.com/>