



國內公共工程施工階段 BIM 技術運用現況 及與創新科技的結合

陳哲仲 / 泛亞工程建設股份有限公司 BIM 中心 經理

BIM 技術在施工端甚至竣工結束交付業主之過程，多半是以統包商為主要之角色。而真正 BIM 技術的核心價值在於資訊的提取與應用。否則 BIM 模型就與一般 3D 建模軟體所刻劃出來的模型沒什麼兩樣。

而施工中又該如何應用 BIM 技術來提前防範未來施工過程無謂重工甚至成本浪費之可能？BIM 技術除了施工中一般常規應用外；若與科技產品結合是否又能創造出更多價值？本文撰寫之目的在於將過往執行公共工程 BIM 技術時所遭遇到的問題與經驗，甚至是大家所經常面對的痛點提出個人看法與建議。

此外；這一、兩年來營建產業似乎已開始關注到「淨零減排」及企業永續與社會責任等議題；且該話題持續發酵中。藉由本文的介紹談談目前國內公共工程在施工階段的 BIM 執行現況，並引入創新科技結合的經驗，提出與營建同業共同研析與探討。

前言

目前國內公共工程依標案規模或性質的不同會有不同程度導入 BIM 技術的需求。早在多年前行政院公共工程委員會就已將 BIM 技術的應用納入「金質獎」競賽的評分佔比中。近幾年來公共工程發包多半採最有利標辦理招標，而 BIM 技術在承包商所提出的「服務建議書」裡，已看得出來競標廠商在備標初期就已將工進、風險評估與 BIM 技術緊密結合。更有甚者；廠商自主無償性的導入到未來整個專案裡，以吸引主辦機關青睞獲得標的可能，間接提昇國內公共工程招標另一全新形態。而採用與否與應用深入情況...也往往是評選委員在意的項目之一，因此成就了 BIM 技術在備標階段就已導入的優點，無形也提昇國內公共工程在競標階段的良性競爭，更有助於營建產業數位轉型的另一項契機。

近十年來國內除公共工程導入 BIM 技術外，軍事單位所屬工程也有局部導入之態勢，且應用情況不亞於公共工程統包案件之相關應用。唯因軍事工程相關保密要求等特性，在後期竣工模型移交或維運管理等應用，較

民間公共工程保守許多。但值得肯定的是國防單位對於營建新技術的引用及導入，確實令人印象深刻。

再來談談目前國內 BIM 發展現況；多半以中央部會單位或少部分縣、市政府在契約中會主動導入 BIM 技術於契約項目內，且因地域性或地方政府經費、預算問題造成台灣中、南部甚至東部公共工程導入 BIM 技術與北部產生極大落差之現象。縱使機關編有此預算，現今公共工程多半委由專案管理或設計單位進行 BIM 執行方式之規劃並納入契約文件中；日後得標廠商面對的主要對象就是業方代表人；也就是專案管理或監造單位。而業主真正對契約內執行 BIM 技術後所獲得實質效益為何？這或許會是大家比較關心的問題？但此話題牽涉到機關預算執行成效，本文就不多做評論。但必須強調的是不同性質或不同業主或許都會有不同的要求與規定；或許過程更嚴格、更簡易都不一定？但也藉由這個機會提出筆者多年觀察的結果，供大家有更多思考空間。也與同為台灣 BIM 業界的從業人員共同探究未來。

文章一開始，會在後面一再重覆提及兩個專有名詞，就在此稍做定義：

「委任方」：這邊泛指的是契約中所稱的業主或受其委託的專案管理單位（PCM, Professional Construction Management）或監造。

「受委任方」：通常指總承攬商或統包商（本文指營造廠）或其複委託廠商稱之。

接下來針對兩者間在契約執行過程經常所發生的一些認知上的問題或差異提出個人看法，也藉由此議題的提出與營造同業就未來執行契約 BIM 業務過程時提供參考。

現今 BIM 模型在施工階段的應用

十一年來筆者擔任公司專案契約中包含 BIM 項目的工地督導、管理等工作，一旦工地 BIM 工程師執行業務受委任方質疑、指責甚至不滿意時，筆者經常被委任方叫去工地說明解釋或提解決方案的機會司空見慣。就曾接觸過的專案會議中，委任方特別在意的問題或原因，在此整理歸納下面幾項 BIM 在契約執行過程較易發生彼此認知落差的議題：

過度細緻化模型（含假設工程）

目前台灣 BIM 軟體多以 Autodesk Revit 為主流，事實上該軟體確實有其優勢。唯獨建模後檔案大小及圖顯問題，亦會隨著案件規模、發展等級（LoD, Level of Development）提昇、細緻程度等級（LoD, Level of Detail）變細... 都可能讓你在疊加一堆東西後，再來就很難操作這顆模型，除非電腦效能再往上提昇一個檔次；再不然就是切割模型（分區域、系統、棟別、層別..等），或許還可以繼續建模下去。過去 BIM 技術應用過程多年來似乎充斥著 LOD 魔咒？很多委任方對 LOD 情有獨鍾；對 LOD 的解釋常以模型的複雜程度主觀來斷定 LOD 300、400...。總覺得一扇窗戶沒把窗簾（甚至連鏈條）畫進去根本就沒有達到 LOD 400，甚至房間標示牌、門把型式或是沙發、桌椅、床舖都沒擺進去（圖 1），根本未達合約規定。但事實上；翻遍契約統包需求書裡似乎也沒談到這麼細？縱使有寫到，難倒真要每一棟、每一戶通通給它畫進去？或許委任方會說；我們編的 BIM 費用那麼高，為什麼不能這樣要求？

勞動部職安署在民國 108 年起主動提供勞安設施 61 項元件庫（圖 2）供業界無償使用。其出發點是為提昇施工場域風險評估使用，雖然元件多數可參數化調整，但無形間卻增加了模型的檔案負載，若用在丁類危評僅在「特定」區域進行風險評估使用，可增進勞安人員有效辨識危害因子所在進行施工前風險防護與排除，確實是提升勞工安全科技往前的一帖良方。只不過有些委任方卻因為參賽或特殊需求會要求把所有的外牆鷹架全畫進去（圖 3），甚至每個樓層滅火器、防護設施... 通通給擺進去，倘若日後軟體技術再提昇、電腦效能再進化... 這些或許都不成問題，只不過放了那麼多元件在一個巨大的模型裡，確實有幫到自已決解很多問題嗎？

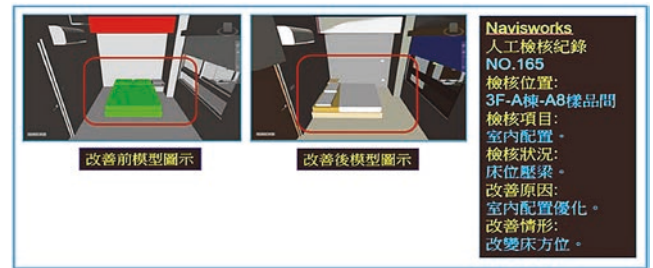


圖 1 樓層內傢俱全數建置，並用以做「風水」考量之用途



圖 2 勞動部職安署 BIM 元件庫 [1]

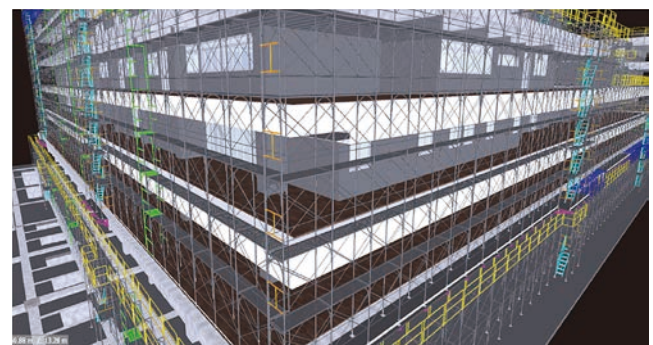


圖 3 鷹架全數建置，且鷹架各部細節過於細緻

前面談過 Autodesk Revit 一直以來就有模型檔愈畫愈大的困擾，有時候甚至大到連顯卡都已是最高端的電腦都難以負荷而變得顯示模型卡頓現象，這或許有賴軟體公司發展更新、更快模型處理技術；再不然就是有比這套更先進、更優秀的替代軟體出現。否則施工上確實有必要建置更精細的模型，都還是建議點到為止，建你有需要的模型。

筆者一直以來認為；BIM 技術就是要讓我們有未卜先知的能力，才能真正做到施工前把未來可能遇到的問題提前在電腦中預做處理或改善，避免日後重工或成本浪費的可能。至於想追求模型細緻美觀的委任方，像 Sketchup、3D Max … 這類的建模軟體會較適合。至於軟體的選用？則可以思考一下自己所需要的模型是屬於那一類的應用？

過度美化 4D 施工模擬

約莫十年前，筆者負責某一軍事工程的 BIM 項目，依契約規定須提供 4D 施工模擬於定期會議中展示，當時依契約規定採用的是 Autodesk Navisworks 軟體進行施工進度模擬，頂多加個旋轉特效，大致已滿足業主對工程進行方式的認知，也較傳統 2D 簡報方式來得栩栩如生。隨著近幾年來一些時時彩現（Real Time Render）軟體的出現（例如：Enscape、Lumion、Twinmotion、Fuzor …）過往那種灰暗的背景，粗糙模型不帶材質的 BIM 模型已不再吸引委任方的目光。取而代之的是場景瞬間太陽拔地而起，悠揚的蟲鳴鳥叫伴隨著人物進入模型本體，大廳亮麗的燈光效果，窗外庭院流水飛瀑，外加道路車水馬龍的熱鬧景象，著實吸引業方的目光 … 自此以後這種「標準」的工程模擬（圖 4）就與「4D 施工模擬」漸行漸遠。

而真正的 4D 施工模擬不就是要看施工網圖每一工項對應模型相對位置慢慢成長的過程，藉以分析模型元件組合流程是否會干擾到下一個工項進行？工序過程會不會有不合理的施工排程情況？哪一區塊進度超前或是落後？我想這才是真正想藉由 BIM 技術在電腦模擬蓋一次房子的真正目的（圖 5）。

模型干涉碰撞的調整

BIM 軟體自帶的干涉碰撞檢測功能，一直以來就是協助工程師早期發現設計與施工性相互干擾或與法規面有所抵觸之自動查找的最佳利器。由於建模初期人為製

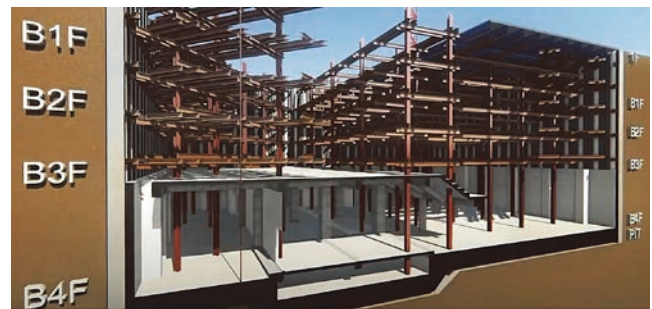


圖 4 模型經專用軟體時時彩現後成果案例^[2]

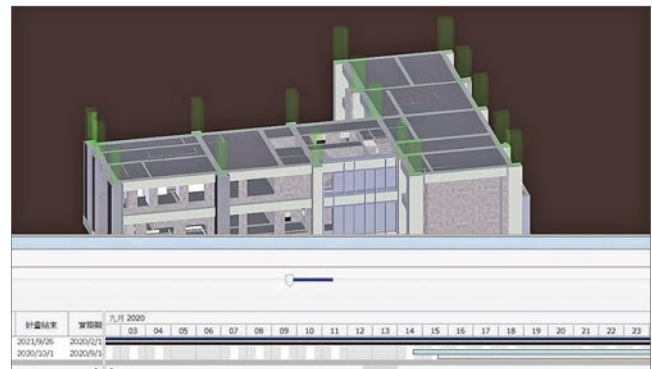


圖 5 藉由模型與網圖對應鏈結所進行工進追蹤管制的「4D 施工模擬」

圖因素經常會有梁、柱接合不佳、斜角接觸等小瑕疵出現，這種小瑕疵在軟體碰撞功能運行時就會是一處所謂的「碰撞」點，當然連同真正與別的構造物產生的碰撞積累下來，往往一次碰撞報告免不了會有數百甚至上千處的碰撞情況發生。但事實上；排除這些屬人為製圖疏失所造成的「碰撞」以後，所剩真正碰撞點數量應不致太多。而這些碰撞點經調整後，接下來可能就剩工程師無法處理而必須發疑義澄清給委任方協助釋疑的問題。但值得一提的是：碰撞點產出多寡，不代表現地 BIM 團隊成員認真與否的依據。這也是經常在工地碰到許多委任方在意甚至質疑的奇特現象。

談到干涉碰撞一詞，常見多半以機電與建築專業所產生的碰撞情況佔比最高。而機電設備（管線）更是筆者接觸 BIM 在施工階段整合以來最頭痛的工項。因為機電的專業分類甚多、甚廣（例如：消防、空調、給排水 …），就以水系統管線又分為重力與壓力管兩種，時常遇到機電整合工程師可能現場實務經驗不足，會有把重力排水管遇衝突管線直接往上繞的現象！殊不知這樣一繞根本無法排水？或是空調壓力水管遇幾處衝突，就索性呈“□”字型跨繞過衝突管線，但繞個一、兩次或許勉強可以，但連續多繞個幾次，我想管尾可能也就出不了水了？因為管壓力折損跟氣塞（air plug）等問題，

讓泵浦的出力給這些阻礙給削減掉；這也許資淺的機電整合工程師根本就沒經歷過！

再以消防系統來說，經常看到消防灑水管沒注意到下方有風管阻擋（或夾於兩風管之間），殊不知這在消防法規叫「灑水障礙」？必須降管或調整位置，否則真按此施工，日後消防檢查勢必得走改管一途。

比較糟糕的是管線與建築結構衝突，經常發現梁、牆（如剪力牆）開口或套管設置位置根本影響到結構安全，例如在梁的底部開口或設套管，或是在梁靠柱邊開孔（口）等…情況（圖 6）。

上面這些問題往往可能需要各專業工程師（或技師）的協助下進行移位調整甚至結構補強，但在套繪整合會議中，BIM 協調員根本不知道問題在哪裡？機電工班甚至專業工程師根本也沒辦法對症下藥！所以培養現場實務經驗豐富的 BIM 工程師是我認為現今 BIM 界當務之急。

模型的數量「統計」或「計算」

藉由 BIM 模型產出數量表，這通常是針對有元件可清點的數量的構件；夠清楚也夠明確（例如：建築的門、窗數量；機電的配電盤、泵浦、閥件…等）。但若若要產出鋼筋、混凝土、模板、粉刷或機電管線長度…等數量，理論上沒問題；但前提是在參數化元件相關公式設置必須夠明確；柱、梁、牆、版重疊數量扣減也必須完整考量，否則市場已有很多 3D 的算量軟體會比你算的結果來得更快且精準。哪你還有需要在 BIM 軟體搞這些耗時且準確度不甚滿意的工作嗎？（圖 7）

經常看到契約書上寫道「數量產出」等相關字眼，所以施工中委任方就會毫不客氣的請 BIM 工程師算粉刷、算內/外牆磁磚、算天花板…數量。這時苦命的 BIM 工程師就得去思考用什麼方式來產出？又怎麼去計算？而往往算出的數量跟實際施作數量產生很大差異時？這時候的反查才是真正惡夢的開始。

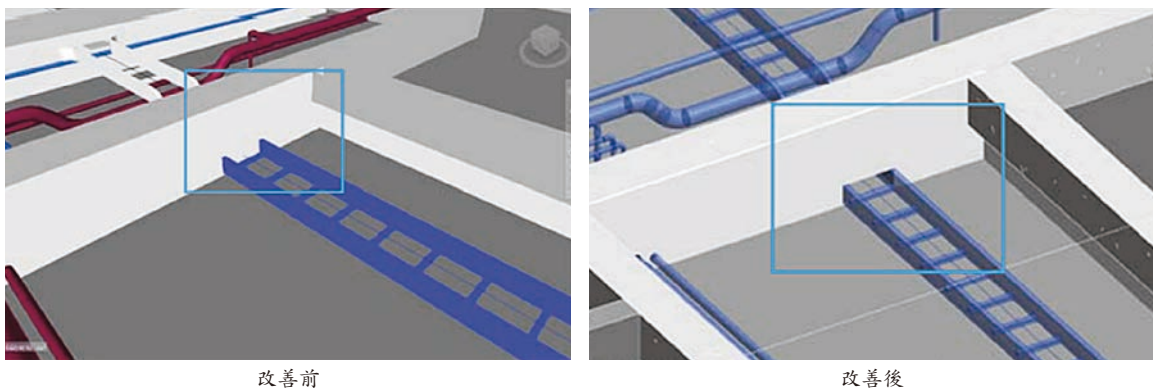


圖 6 干涉碰撞檢討忽視結構安全於梁下層筋部截斷開口（孔）之錯誤案例

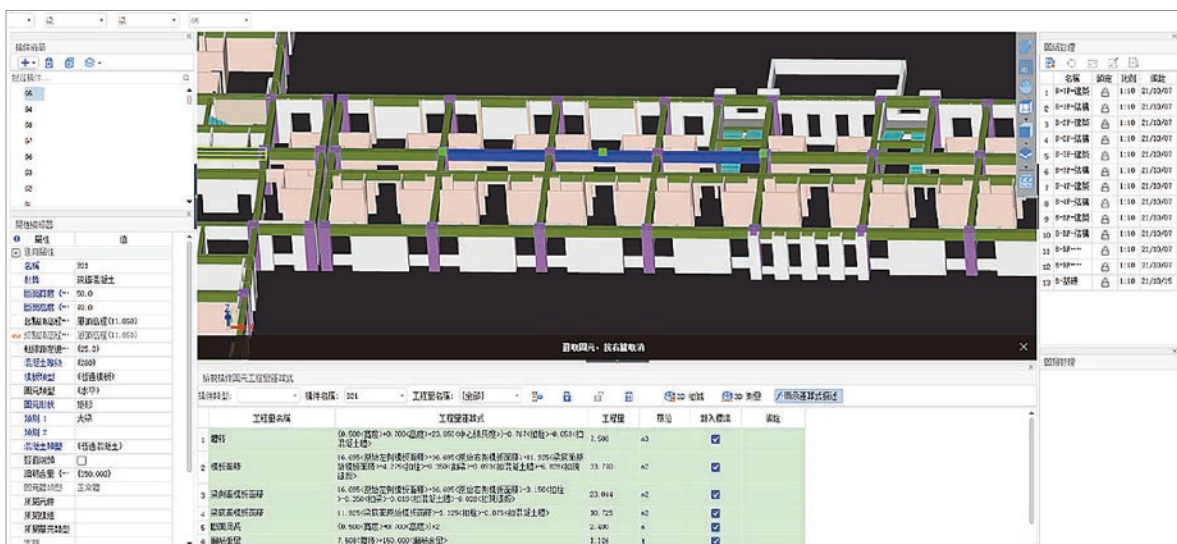


圖 7 3D 建築算量軟體

有些鋼結構建模軟體確實可產出相對精準的數量及 BOM 表，但這些數量最終還是以鋼構廠實際操作建模產出的數量的準確性會大於自己瞎子摸象所導出來的數量精準許多。秘訣無他，就在「經驗」二字而已。

至於機電部分；因為專業性的問題，例如：風管。不同番號數的鐵皮換算張數這還單純，但如果風管配合現場上繞、轉折、壓扁等狀況，除非專業風管廠商在一開始規劃時已非常明確完成套圖，主要的管件都在工廠生產妥當（不必主管接完再去量支管尺寸，然後請工廠做料）到場安裝，或許可以降低許多損料情況。

但事實上台灣又有幾家專業廠商能這樣配合？而風管情況如此，像其他大型水管、電纜線槽…等管線廠商也是相同情況，因此；要確切得到機電管線數量依目前台灣機電工程生態環境，實屬難度較高的一環。除非國內大型機電廠商都具備各專業的規劃能力（可搞定各分項專業廠商，不致施工前分包商的一句話就又手足無措），或許之後要從機電 BIM 模型中提取較可靠的數量指日可待。

模型與施工查核

驗證模型與現場施作成果進行比對是工程查核所必須的。若現場完成現況與模型比對不符，是要修改模型還是修改現場？我想多數人會為避免麻煩而選擇修改模型。今天換一個角度思考，倘若監造人員現場施工查核發現施工圖與現地施作情況不符，會是請廠商改施工圖就好嗎？

BIM 技術的核心價值就在於 I (Information) 資訊的提取，往往接近完工階段打開模型中的元件屬性欄位一看；除了元件本身自帶的資訊外，其他空無一物？而統包契約書或規範所制定的模型元件屬性應填項目，又有多少元件被正確記載實際物件的產品資訊？COBie (Construction Operations Building Information Exchange) 資訊導出後又有多少資料可在日後維護管理階段派上用場？所以個人認為組織專業 IPD (Integration Project Delivery) 團隊會是解決這些問題的最佳解答，只不過現今台灣營建產業分工情況以及法規面配套措施確實有其窒礙難行之處。如何解決？這在 BIM 國際標準 ISO 19650 中似乎可以用做參考。只不過每個專案 BIM 團隊會照本宣科去執行嗎？這或許就是成功與否的關鍵。

圖 8 之「組織資訊需求」(OIR) 就如同業主在招標文件裡所提出的統包需求書，而「專案資訊需求」

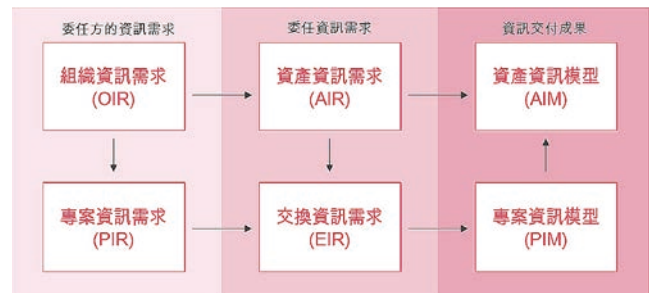


圖 8 ISO 19650-1：2018 資訊需求的層次結構圖^[3]

(PIR) 則是我們依據需求書所編訂的服務建議書或 BIM 執行計畫書 (BEP) 明確說明在該專案裡的執行計劃，藉由原需求書裡所訂定的產品規格之「資產資訊需求」(AIR) 我們在共通資料環境 (CDE) 中進行各專業的資訊交換與 BIM 模型的整合，以達到施工前期即已完整整合各專業模型並可提供施工圖或相關資訊予施工端進行施工，減少施工前未經整合而所造成的重工或不必要的變更與工期停滯等現象。而前面這些過程可以在同一個組織（即由建築師、結構、機電技師…甚至設備商等關係人所組成的臨時組織）內完成，減少文件往返、釋疑停滯等不必要的時間浪費，加快整個規劃時程，俾利儘早交付成果供現場施工使用。這就是 IPD 整合專案交付較積極實務的做法。

談談 IPD 專案整合交付在施工階段的應用

同前述 IPD (Integration Project Delivery) 整合專案交付：是一種將人、各系統、商業架構和實踐活動集成為一種流程的專案交付模式，在這種方式下，專案參與各方能夠在專案全生命週期內，包括設計、製造、施工等階段，充分利用自身的技能與知識，通過合作使得專案期間的工作效率提升，為業主創造價值，減少浪費，獲得最優的專案結果。IPD 模式的典型特徵：專案參與方在全生命週期的協作與配合，多方契約關係，風險和利益共用，由專案團隊合作進行專案決策，重要參與方提早介入專案，一定的資訊技術工具使用基礎等。

基於前述組織概念下，目前國內各專業在施工模型整合階段共同投入的狀況不甚理想。普遍契約訂有相關進度或整合會議例如；雙週進度會議、月進度會議、界面檢討會議、系統整合會議；但事實上落實度又如何？各系統商（尤其機電廠商）介入整合會議的情況又如何？機電廠商（這裡通稱機電大包比較貼切）底下各系統包商（例如所謂的水包：泛指給水、排水、消防水、

空調水 …，例如電包：泛指電力、電器安裝、弱電工程、監控工程、消防電 …。還有所謂的風系統包；例如：風管、風機、風門 … 等設備安裝廠商）這麼多的系統專業，台灣的機電大包都有辦法百分之百控管他們現場專業工班怎麼做？套筆者十多年前在工地常聽工班師傅嘴邊不時常講的一句不雅、不負責任的台語口頭禪：「先做先贏，晚做就 XXX」。各系統有各系統的專業，有規模有一定品質的機電大包或許還能控管各系統的小包，若礙於契約來價過低找到不好的分包商，則大包就更難掌控他的小包愛怎麼做。

竣工模型的移交與 FM（物業管理）

早期 BIM 模型到了最後竣工階段，竣工模型最後的歸處多淪落到光碟片儲存移交。而光碟片裡的模型資訊未來會怎麼運用？這恐怕就更難去探究。

近幾年來；部分縣市（例如桃園、台北市 …）已有部分政府單位將竣工模型與傳統 SCADA 自動化監控系統做整合的趨勢，以取代傳統物業管理公司委外或自行開發的 2D 圖控管理系統。此一趨勢對於提昇 BIM 在營運管理階段又將是一個全新的里程碑。BIM 在施工期間完整紀錄每項元件的過程履歷（例如：生產商、製造或安裝日期、出廠證明文件、操作維護手冊 … 等資訊）對於未來營運管理單位維護保養人員線上調閱設備完整資訊，會更加迅速確實且提昇系統維護之妥善率，藉由 3D 圖台模型的檢視，會比傳統 2D 流程圖或單線圖來得更直觀且平易近人。有利於初到任管理或維護人員更輕易地去瞭解維護過程及方法提昇 BIM 在管理端的最大效益（圖 9）。

BIM 技術與科技結合應用

「活用 BIM 技術優於擅建 BIM 模型」，是筆者一直以來對 BIM 在施工階段應用持續努力的方向。也是一直以來要求部門同仁擅用 BIM 技術資訊提取與應用以提昇施工效率與品質，降低現場重工的可能。更希望在施工的一開始，就已把未來可能發生的問題都提前解決。而模型不再只是模型，它可以讓一個對建築外行的人，也都能輕易地經由 3D 模型直觀的視覺感受、體驗認識未來建築物完成後的樣態及施工中的各項環境現況，若導入施工中環安衛的應用，更有機會降低職災發生的可能。結合先進虛擬影像與 BIM 技術的結合，導引工程創新的未來。這就是我們一直以來想做的，而且不間斷的往這條道路邁進的主因。在此就 BIM 衍生性的創新應用，提出幾項我們的做法，也藉此與同業分享。

「智慧工地」應用

就跟物業管理的道理相同。模型在施工過程所做的一連串的應用；就如干涉碰撞檢討、4D 施工模擬、數量統計 … 等。而模型也可以藉由 3D 圖像的展現更能清楚明確的告知事件（EVENT）發生位置，相對於施工期間勞安或品保等方面的應用更可積極有效。

營造業界目前所稱「智慧工地」一詞的認定非常廣泛，但在我們所定義的「智慧工地」的機制是要將傳統必須由人員到場才能獲知的資訊轉變由現場 IoT 感測元件主動告知，也就是「化被動為主動」概念。再利用目前人手一機的個人手持行動裝置的助力下，實現「一機在手，彈指間掌握工地大小事」的境界（圖 10 至圖 12）。簡單地說；過去現場工程師都要去工地

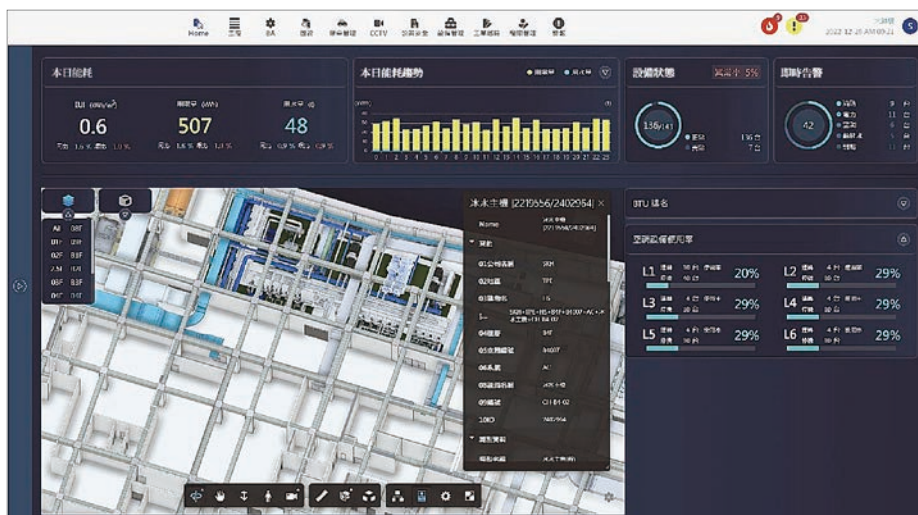


圖 9 BIM 物業管理平台（天茶智能科技有限公司提供）

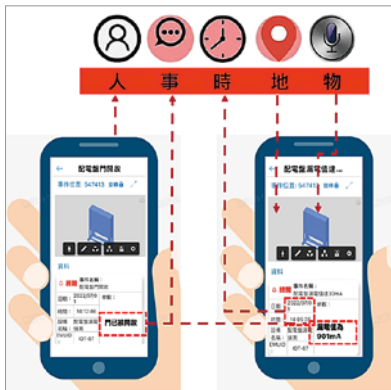


圖 10 結合 BIM 圖資並利用手機即時接收現場感測器告警訊息



圖 11 IOT 結合 BIM 元件模組化應用影片



圖 12 泛亞工程公司「IoT 與 BIM 模型元件模組化預警系統」架構圖

實地巡檢才能獲知的現場狀況，如今都可藉由現場智慧裝置主動告訴你；它在做什麼？什麼事情發生？發生的地點在哪？狀況如何？處理結果又如何？一來可以立即有效控管風險、二來可有效遏止人為疏忽所造成的意外，降低人力成本的支出，一舉數得。

藉由 BIM 模型輕量化後上傳至雲端平台，再利用 BIM 模型感測器元件與通訊模組進行綁定，一旦感測器探知事件發生，會經由雲端伺服器呼叫 BIM 雲平台的全模型圖資裡的該對應元件，做相對應位置的顯示，以利施工人員可直覺地在 3D 模型中確認實際發生事件的所在位置（圖 13）。而不像傳統做法僅文字或概略平面圖示意，無法立即掌握或阻止事件的持續發生。

MR (Mixed Reality) 技術的整合與應用

模型建置完成，如何判斷模型與現場是否吻合？傳統現場施工查核多半是由委任方帶著 2D 施工圖到現場與受委任方進行尺寸丈量或數量清點，而比較常見的是建築物施工過程中沒什麼變更需求，所以拿到的施工圖或許沒問題。但比較糟糕的是現場查核的構造物已變更許久，但手上所拿的版次施工圖還停留在某年某月某一核定的版次。假使圖說與現況變化不大，這時改改或許還來得及。怕的是模板工都準備封模了，這時才急急忙忙的請工班暫停施作，等搞清楚！該改的、該拆的都已處理完，這時才又回到原點，再請監造過來查核。這麼一個折騰，可能又三、四個工作天過去。這種無謂的時間浪費，難道沒辦法解決？

BIM 雲端平台確實可以解決這類問題，但前提還是要照其審批程序執行，就可確保資訊的一致性。誤用版次圖紙的機會就會相對降低許多。2D 圖紙如此，3D 同樣道理。而且這種 3D 雲端平台不但可以讓圖資（模型）

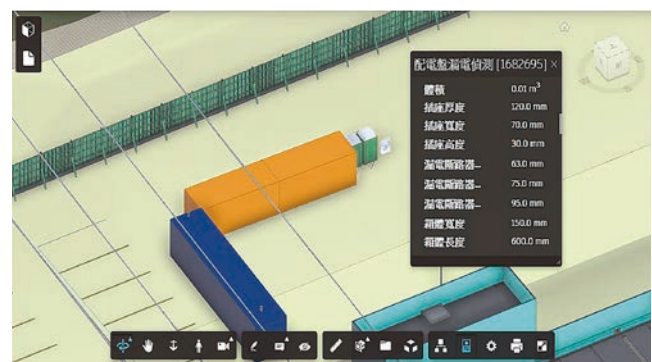


圖 13 藉由事件觸發即時連動到 BIM 模型以確認事件發生所在位置

永保最新版次，而且它還有更新的科技用法；就是 MR (Mixed Reality) 技術。當然 BIM 用在 VR 甚至 AR 的應用案例很多，但這裡所要探討的是 MR 技術，因為它相較於 AR 與 VR 的技術，又會是另一項全新的體驗。

目前 MR 技術用的比較成熟的產品就屬微軟公司的 HOLOLENS。而 HOLOLENS 其相對支援性高，因此國外就有業者將其與工地安全帽、BIM 雲端平台做結合，開發出電子頭盔的應用。筆者公司購置數頂該型頭盔進行 BIM 模型與現地建築物疊合比對，確實可幫助工程在施工中的輔助查核，或施工後疊合驗收比對。如此圖模一致的驗收，相信是很多業主更想看到的結果。

此外；利用透地雷達與 MR 電子頭盔進行技術整合也能做到災害預警防護功能。以往道路開挖多半採傳統試挖方式，其相對複雜與成本性較高。而道路開挖又通常必須事前向縣、市政府道路養護單位申請「道路挖掘許可」（俗稱：路證）；而申請過程曠日廢時，要是於交通要道挖掘更是得提出交通維持計劃供主管機關道安會報審查同意後方可挖掘。管線調查後臨時

鋪面又得該路段全面銑刨加鋪 … 如此複雜程序下依舊無法保證一定不會挖到高風險之地下管線（例如：自來水分支管 / 入戶管、電力 / 電信 / 瓦斯入戶管）。難道沒有更好的方法可以化解此一多年來施工過程一再令人詬病的傳統作法？

早期就有使用透地雷達的案例，但礙於判讀雷達迴波等技術上問題，一般營造廠多半望而卻步。近年來拜科技日新月異，國外開發出之透地雷達搭配其輔助分析軟體，可讓一般人更輕易地操作與判讀（圖 14）。就筆者在南部某電廠實際應用經驗，確實達預期效果，且準確性高。藉由透地雷達本身自帶 GPS 大地座標的資料讀取，再經由 BIM 視覺化程式的輔助，可把未來施作的地下管線與現地探測所得管線的 BIM 模型進行套疊。再將整合後的 BIM 模型導入電子頭盔，於地下正式開挖之同時佩戴頭盔可時時監看機具開挖之過程，避免大型挖掘機具不慎挖斷管線之意外事故發生（圖 15）。換言之；就像自己戴上頭盔後就俱備透視眼的特異功能，可看穿地下管線所在位置之科幻般的電影情節。

憑藉著這項技術的開發整合，更可有效將 BIM 技術與虛擬影像結合，免除高成本、耗時又不一定準確

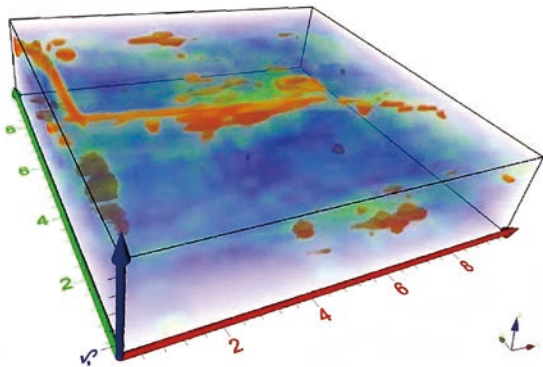


圖 14 利用透地雷達設備軟體自帶濾波功能呈現地下管線影像



圖 15 利用 MR 混合實境技術輔助道路挖掘施工

的傳統管線試挖方式。除提昇施工品質又可將 BIM 技術延伸再利用。這將是提昇國內公共工程品質更積極有效做法。

點雲技術的結合

點雲（Point Cloud）技術可為 BIM 建模提供另一項快速且直接的數據化分析工具。對於設計初期以至工程投備標階段，為省去漫長的建模分析等待時間，利用光達掃描技術所產生的點雲模型可做前期施工規劃參考或風險評估使用（圖 16）。

點雲必須透過專用儀器或以 UAV（無人機）影像拼接技術，再導入專用軟體形成點雲模型。惟採用光達鐳射掃描儀與空拍機拍攝影像所製作點雲模型兩者間的精度差距甚大，前者精度可控制在 1 ~ 5 mm 左右，而後者之精度卻有可能大於 1 m 以上。（但若採空載光達進行地形、地貌掃描，同樣精度有機會控制在公分以下等級）以功能性來做分類，空拍影像進行點雲模型建置之用途多應用於備標初期或僅須約略地景樣貌進行工程施工規劃使用。而採光達建置點雲模型其所獲得相對精度較高，對輔助 BIM 建模可省去相當多時間進行現場測繪之時間，優化施工流程規劃。

點雲模型亦是施工初期規劃或設計階段圖資不完整時，最佳輔助建置 BIM 模型的利器。以舊有的建築物與橋梁等基礎設施為例；在舊圖資因年代久遠或使用過程中因故修繕調整等因素下，在摒除重新收測人力與時間浪費以外的最佳解決方案，且可與新設構造物完美接合。藉由點雲模型的產出亦可經由專用軟體的輔助繪製精準可靠的 BIM 模型，無論機電管線、建築物甚至機械設備等 … 都可獲得最快速且精準的模型。

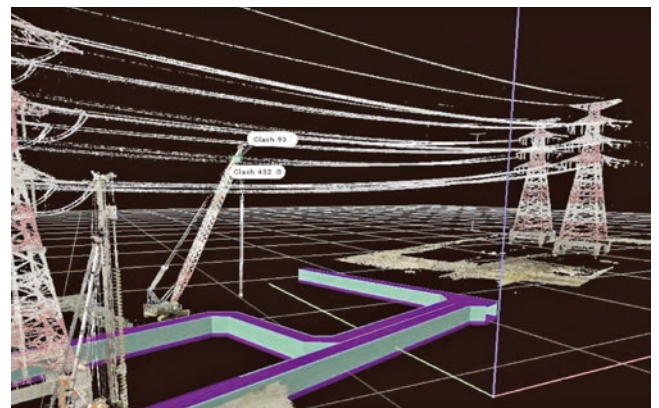


圖 16 利用點雲與 BIM 模型結合進行施工前風險評估

預鑄工法與模組化施工

隨著 3D 列印技術的興起，國外已有利用 3D 列印技術進行房屋「印製」生成之案例（圖 17）。只不過對比國內，此相關技術因國情不同或法規制訂等種種因素，並不太適合引進。取而代之的預鑄工法卻是一個不錯的選項。雖然國內已有大型營建商多項實際案例，但在台灣建築業畢竟還算少數，惟有靠政府在日後公共工程或獎勵興建下，或許較有可能全面發展。尤其面對台灣近幾年來營建產業缺工缺料等大環境不景氣下，預鑄工法不失是一項解決此一困境的最佳良方。對於近年倡議「淨零減排」的議題，更是一大助力。

至於模組化工法（圖 18）；多用於機水電方面較有實際之成效。例如整體式衛浴模組、預製模組化管線…等。都可有效減少現場勞動力的付出，更可減少材料的浪費，此部份更期待未來營建產業朝此永續發展的目標前進。



圖 17 利用 3D 列印技術進行房屋「印製」^[4]

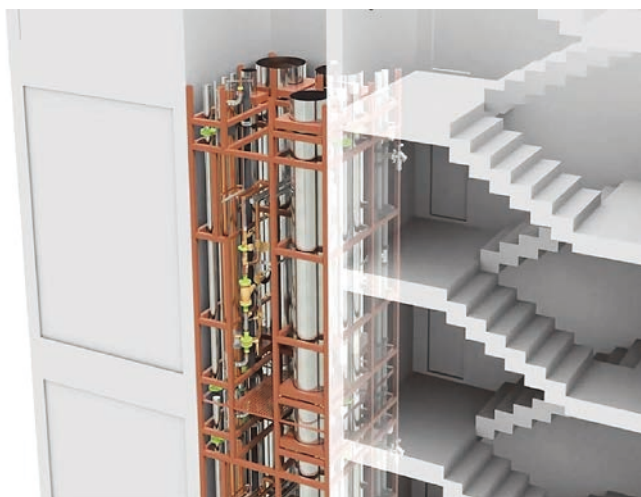


圖 18 機水電管線模組化預製組裝情況^[4]

BIM 與「淨零減排」的未來

或許大家都知道 BIM 在設計階段的應用不是很多嗎？確實！事實上前面所談到的多僅侷限於「施工階段」的應用，但設計階段不是更應該拿出來討論？其實我們在公共工程經常扮演的角色是統包商，理當在設計階段就應全程參與才是。但事實上營造廠的專業還是在施工領域，對於設計階段的參與還是多少有些陌生。畢竟多年來國內營建分工就是如此，縱使有 BIM 技術的介入，還是需要各專業多方磨合與嘗試，方能找出適合於營建產業數位轉型的全新作業模式，提昇營建產業再昇級。

回到 BIM 與環境永續的議題；國發會於 2022 年 3 月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提供至 2050 年淨零之軌跡與行動路徑，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型。而「2050 淨零排放」的策略方針更是以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型，及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎為發展藍圖。而營建產業一直以來更是眾所周知的排碳大戶；從水泥產製、產品運輸、施工以至於大量營建廢棄物的產出，再再凸顯出營建業在近幾個世紀以來對地球環境所造成的傷害，因此從根本的節能減碳做起才能有效達成與環境共存共榮。

BIM 是一項技術，不是口號。就從「能源轉型」議題來說；BIM 在設計初期就必須導入節能概念；例如太陽能轉化電能再利用，而不是傳統利用遮陽外飾板材來阻隔太陽光。室內空調設計不是以製冷來遏制溫昇，而是減少冷房能量不致外溢或回收，就如空調全熱交換器的使用。建築物雨水不是排往公共排水系統，而是有效回收再利用…。諸如前述各項能源有效回收利用都可借助於 BIM 軟體或是其相關衍生性第三方軟體的介入，都是最有效利用 BIM 技術輔助「淨零減排」的一項利器。也期待營建產業的未來能減少更多的能耗損失，為下一代人居環境貢獻一己之力。

參考文獻

1. 勞動部職安署網站 <https://coshms.osha.gov.tw/BIM/Model.aspx>
2. Twinmotion | 4D Construction Simulation 網址：<https://www.youtube.com/watch?v=GujXwg9F8hQ&t=50s>
3. <http://www.taiwanbim.com.tw/news/news-20190917/iso-19650-1-2018-v1-0-2.pdf> 圖 2 資訊需求的層次結構；ISO19650-1：2018 p. 20
4. <https://www.geospatialworld.net/videos/construction-technology-trends-2021/>