BIM 技術漫談

關鍵詞：建築資訊模型、元件、建模、LOD、3D、工程應用、設施管理

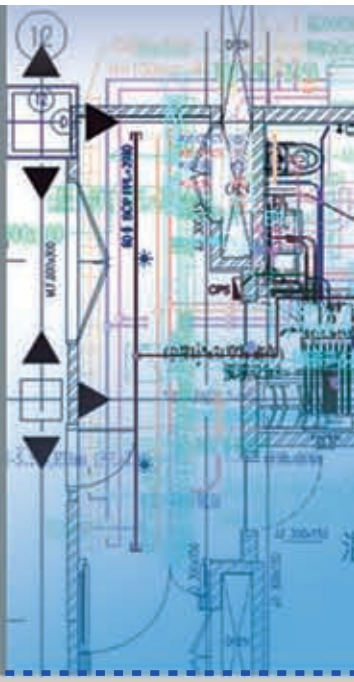
台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／協理／李萬利 ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／技術經理／蔣定棟 ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／副理／蘇瑞育 ❸

摘 要 ABSTRACT

建築資訊模型(BIM)觀念被軟體業者提出後，迅速的從建築擴展到整個營建產業，從工程設計擴展到全生命週期。3D建模的軟體風起雲湧，各家軟體業者無不磨拳擦掌推陳出新，雖然軟體功能、模型元件、資訊標準與資訊交換也都還有很大的改進及發展空間，但已造成風潮。

考量建築質訊模型的應用範疇還會持續擴展，任何工程資訊都可以附著在3D模型元件上，3D模型的應用有無限的想像。BIM的發展，勢將影響作業流程，甚至可能改變產業分工，進而觸動產業結構的改變。

政府工程主管機關已經注意到BIM技術的進展，著手推動或試行。私部門的建築營造業者也已啟動發展，建築資訊模型技術正方興未艾。



壹、前言

BIM 是個很時髦的名詞，它到底是什麼呢？其實BIM的觀念早在1974年就出現了，這個名詞也在1992年就見諸文獻。但在BIM軟體還沒開發上市，硬體也還沒能配合的時候，就只能是個想法而已。當CAD軟體已經發展到了極限，資訊技術不斷推陳出新的時候，BIM於焉誕生。最早問世的BIM軟體可能是1987年Graphisoft公司以虛擬建築觀念推出的ArchiCAD。

2003年 Autodesk公司發表題為 "Building Information Modeling"的白皮書，開宗明義揭櫫三項基本理念：

一、建築資訊模型是一個資料庫，傳統工程圖說只是資料庫的呈現方式之一；各不同專業使用同一個資料庫，建置或讀取各種內容，包括圖面、規範、成本、排程等，以各種不同的格式表達；資料庫的建置與修改可以由各專業團隊協作，協作修改過程應有清楚的紀錄。

二、工程的設計、施工、營運，必然歷經一連串互動修改的過程，資料庫任何一方面的更改應該一致的反應在各方面。

三、資料庫之資訊應該可被其他各相關專業重覆利用。

基於上述理念，Autodesk要推動資訊技術在建築產業的應用，認為BIM將導致建築業在設計、施工、營運各方面提高品質、提高效率及降低成本，這是這一波BIM風潮的濫觴；而在這樣的理念下，BIM並不限於建築業，整個營建產

業的任何工程都可以應用。各大軟體公司搶搭BIM列車，資訊技術大量引進，軟體紛紛出籠，都號稱是BIM軟體，BIM一時風起雲湧，BIM觀念迅速的從建築擴展到整個土建工程，再從傳統的工程設計施工擴展到全生命週期的管理系統。因此不在乎BIM是什麼字的縮寫，也不要再說文解字一番，說穿了就是「資訊技術在營建產業的重度應用」。

貳、建築資訊模型

一、數值模型

BIM模型觀念是從物件的參數化數值模型出發的。過去，CAD的物件是點線面，而經由點線面組成的2D圖形，是分離而零散的，舉例而言，一片牆在平面圖上是兩條線，剖面圖上也是兩條線，表達的是同一片牆，但在圖檔結構裡卻毫無關聯。因此無法有效攜帶被模擬實體物件的資訊。BIM數值模型則由「物件」組合成設計，由物件攜帶各種資訊，包括物件本身幾何資料、物件間相互關係及其他各種相關屬性。建築資訊模型就是攜帶著各種資訊的物件的堆積；元件如圖1所示。

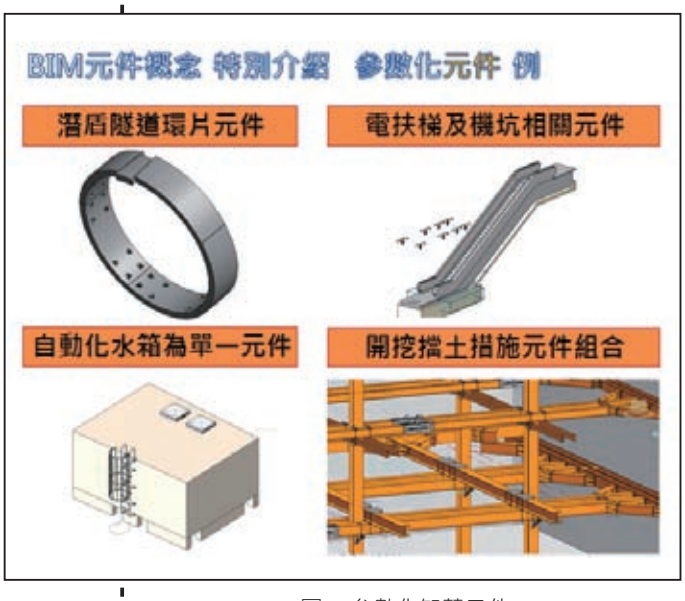


圖1 參數化智慧元件

物件這個名詞很流行，但沒有明確的定義。物件在狹義的建築、結構裡，很容易理解，那是梁柱、樓板、牆、天花、樓梯、電梯、門窗等實體元素，我們把它叫做元件。還有一些虛體元件，如房間、開口等等；元件在水電環控領域成了發電機、送風機、電燈、插座、水管、風管、灑水頭、臉盆、馬桶等；在土木工程領域是地形、路廊、土方、箱涵、擋土牆等。除了這些實體元件外，還有很多設計元素，也以物件的形式存在模型的檔案資料結構裡，如結構的載重，束制條件，土木的定線，機電系統的電流、壓降等。

建築資訊模型裡的物件都攜帶著資訊，最基本就是它的幾何資訊，包括形狀、大小、位置等。BIM軟體根據模型的幾何資訊，可呈現各種2D、3D圖面。這是BIM的基本資料。要讓模型彩現，通常需要物件之材料資訊。如果物件攜帶著時間資訊，什麼時間建成，什麼時候拆除，就可以呈現施工過程與進度，被稱為4D；物件更可以攜帶廠牌、規範、價格、成本、使用年限、維修過程等資訊，理想中，所有工程資訊都可以掛在物件上，BIM模型的利用空間就有無限的想像了。

二、元件

建築資訊模型是元件堆積而成的。元件從哪裡來？通常應用軟體會提供一些基本元件，這些元件當然無法滿足多元而變化無窮的設計工作；因此一定同時提供建構元件的工具，由使用者自行開發。目前開發元件可能是件煩人的工作，但為增進效率，目前仍然是必要的工作。也因此，元件專業服務網站已迅速崛起，與商業採購關連而做有系統的服務。國外在推動多年的演化下，相關網站已不勝枚舉，搜尋網站都可搜得。

另一方面就建築業而言，建築物的許多

構件及傢俱設施等都是建築產業鏈的廠商所製作生產的工業成品，如電扶梯、衛浴設備、扶手欄杆、牆板天花等，在產業鏈的持續發展及產品的行銷服務的需求下，預期廠商將會建立該等產品元件，供設計者選用，屆時資源供給將不再匱乏，並不斷更新而持續發展。舉例而言，早就有電梯廠商在網站上建置他的產品模型，介紹他的產品，只要你點選型號，就可以加入到你的模型裡了。

三、Level of Development 或 Level of Detail

LOD是個一直被提起的話題，但在應用上卻是含混不清的。是英文Level of Detail 的縮寫，還是Level of Development 的縮寫，也含糊以對，當這個詞被引進合約或規範時就引來更多的誤解與紛擾。其實BIM 的LOD 字眼應是源自美國建築師協會AIA的文件，其中LOD 這個字眼是Level of Development 的縮寫，指模型在營建生命週期的不同階段中所被期待的完成度。

AIA定義了以下五種發展程度(Level of Development，LOD)，其間差異在於模型中元件數量、尺寸、形狀、位置、方向是「約略的」、「正確的」、「精確的」還是「實際的」。就過去工程圖說的發展而言，在概念設計階段，初步構想成形，透過3D模型展示，算是LOD 100；初步設計完成，大約可以估出數量算是LOD 200；細部設計完成，數量應該是正確的，是LOD 300；LOD 400 是個相當特殊的階段，談到製造、組裝、細部施作所需資訊，顯然是指施工圖；LOD 500認為是實際數量，則顯然是竣工圖說。綜上所述，LOD與詳細程度沒有直接關係。

舉例而言，作為營運階段設施管理的模型與施工階段探究施工順序的模型所需要的詳細程度顯然是兩碼子事。工程模型的詳細程度應該回到建置模型的目的層面來思考。

參、BIM軟體簡介

理想的BIM模型，從建築物的規劃設計施工到營運管理，不同階段不同領域的應用，勢非單一軟體所能負荷。在不同階段、不同目的採用不同的軟體，目前將來都可能是常態。各軟體廠商間的競爭，正是進步的動力。目前市場上常見的軟體，也各有所長，預期還有很大的發展空間，值得注意。僅就本公司常用軟體，分別簡介如下。

一、Revit Architecture/MEP/Structure

Revit 是目前最常見的建築軟體，如圖2。1997年Charles Revit Software 公司成立，Revit開始發展，2000年該公司更名為Revit科技股份

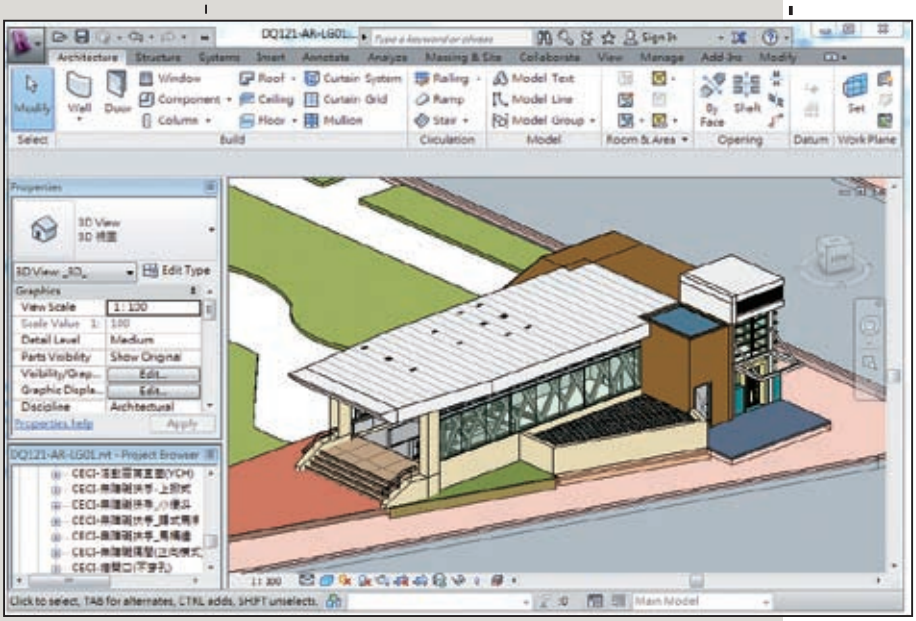


圖2 Revit應用於建築模型

有限公司，Revit 1.0版上市，只租不賣。2002年歐特克以1.33億美元併購Revit公司，投入更多的研究和發展。Revit Structure和Revit MEP相繼加入，整合了結構和水電環控。2006年Revit Building更名為Revit Architecture。2013年開始發行整套Building Design Suit。

Revit最重要的特點是所有元件、視圖和註釋之間的關係模式，使得任何元件的改變會自動傳播，保持模型內容的一致性。 例如，移動一片牆時，其相鄰的牆，地板和屋頂會自動調整，也更正相關的位置和尺寸標示，調整房間面積報表，重繪相關剖面圖說等，因此，該模型將保持所有文件的一致性。元件、視圖和標註之間的雙向關聯性是Revit最顯著的特點。

Revit 提供團隊協作的機制，以所謂「中央檔案」為共用資料庫，可以多人同時開啟後，另存成「本機檔案」使用，而以工作集控制編輯權，避免物件被不同的使用者同時編輯，如圖3。Revit也模擬傳統2D製圖的環境，提供圖紙、符號、表格、圖例等功能，以與傳統接軌。

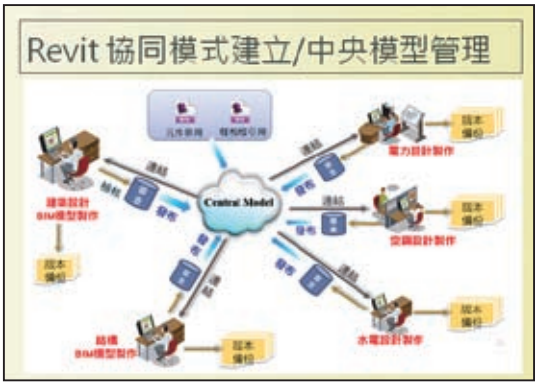


圖3 Revit 協同作業模式

但Revit 在3D上也還有很多限制，不能任意斜切剖面，也做不到展開圖；過細的塑模和複雜的智慧元件則會顯著的影響效能。

Revit MEP模組提供3D管線、設備等機械、電氣設施的建模工具，可應用在配電、照明、空調、給水、排水、火警、消防、監視等系統，除此之外也提供風量計算等設計工具。

Revit Structure模組提供結構元件，以完成結構塑模，它異於建築柱的結構柱品類，似乎隱喻建築與結構各自建模的建議。但至少可利用2D 或 3D 建築模型作為結構建模之參考，在此基礎上獨立搭建結構 BIM 模型作為分析使用。

二、Tekla

Tekla是一家芬蘭公司，成立於1966年。Tekla Structures 從原名XSTEEL的軟體發展而來，提供結構工程師處理混凝土結構、鋼結構等較細緻的結構功能。Tekla Structures最擅長於施工細節的建置，尤其是鋼結構之施工圖方面，發展得非常完善，在業界有大量應用實績。Tekla亦可進而導入控制系統，控制鋼筋彎曲機，控制預鑄混凝土之生產。

結構分析所需的非幾何資訊，如：荷載、荷載組合、支承條件，亦可包括在結構模型中。但目前一般BIM軟體均未提供結構分析功能。而採用搭配傳統分析設計程式進行分析設計。基於 BIM 技術的理想，3D建築模型與結構模型應該要雙向連結的，亦即結構工程師直接於建築模型上取得結構分析資訊，但目前由BIM模型產生分析軟體之輸入資料仍有很大的瓶頸，Tekla亦然。雖可從三維視覺模型產生SAP2000、STAAD PRO、MIDAS等分析程式之輸入檔案，但僅為梁、柱結構系統，至於版、牆結構則尚未突破。

Tekla BIMsight是在2011年初推出的一個免費軟體。可以藉由IFC格式，檢視多種BIM軟體之模型，以進行設計和施工時的衝突檢測、檢視與審查、註釋和標記紅線。

三、Autodesk Naviswork

BIM設計軟體眾多，依據專業類別會有不同的軟體，並產生不同的檔案格式。Naviswork能匯入目前市面上大部分的BIM軟體格式，Naviswork負擔了整合、瀏覽、審核的基本工作，另外較進階的功能為衝突檢討、4D施工進度模擬。初步來看Naviswork是設計師跨專業整合的工具，也是業主單位成果體驗及審查的工具。

Naviswork環境提供使用者在3D空間體驗BIM設計成果，如圖4，設計者可自由標註設計溝通意見，空間尺寸的量測，業主可留下審查意見及追蹤。但目前台灣業主單位對於BIM的工作要求是廠商的事情，業主尚不能意識到如何運用BIM，如透過BIM成果檢視設計需求、驗證空間使用機能達到預期目標等，業主的積極參與可降低日後設計變更的頻率。

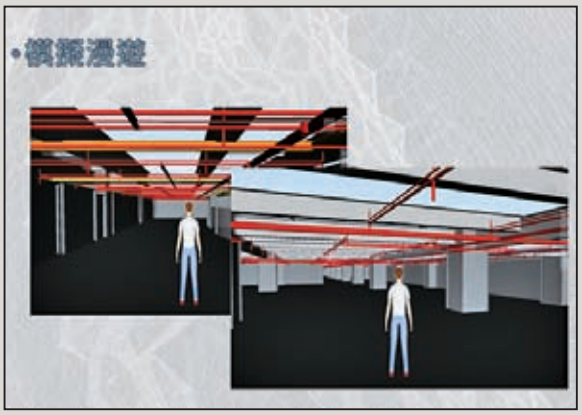


圖4 NavisWork漫遊模擬

四、Autodesk Ecotect Analysis

坐北朝南是老祖宗留下的智慧，歷久彌新。建築物理的數值模擬則進一步提供量化的數據。Ecotect 建築物理模擬及能源分析的軟體，見圖5，作為建築設計節效益的評估工具，Ecotect是一套非常直覺的分析軟體。支援特定BIM模型格式，經過相關地理條件、物理條件、材質屬性…等設定後，可做太陽輻射、熱、光、聲、耗能評估，並以可視化方式呈現分析成果。

雖然Ecotect分析精確度尚不如一些專業分析軟體，且建築師對於分析數據判讀能力仍相當有限，加上分析成果並不能與台灣綠建築指標對應。但Ecotect在建築設計初期仍是相當快速的節能評估工具，目前已慢慢被建築師所接受。

五、Autodesk Civil 3D

Civil 3D 是Autodesk公司以AutoCad為平台開發的BIM軟體，以3D地形為基礎，提供鐵公路定線、路廊、整地、土石方、重力管線、壓力管線等3D設計環境。由於AutoCad是過去被廣泛採用的繪圖工具，其2D成圖的熟悉度最被廣大使用者接受。

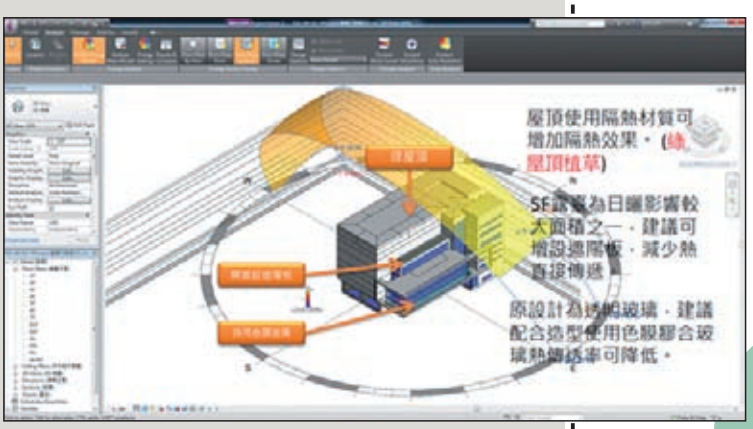


圖5 Ecotect規劃節能最佳方案

利用Civil 3D可將傳統的測量數據或地形圖等高線轉換為3D地形，作為所有土木工程設計的基本資料。配合鐵公路定線與縱坡、橫斷面設計隨即完成道路參數化定義的三維模型；可以利用內置的元件包括車道、人行道、邊溝等，也可以根據業主需求或設計標準創建自己的元件。Civil 3D可快速地計算現有地形和設計地面間的土方量，並用以分析適當的挖填距離。Civil 3D可以利用面向收集系統等工具，進

行雨水分析和設計，以配置污水和雨水排水系統，如圖6。可採用圖形輸入方式編輯管網或者更改管道和結構物。

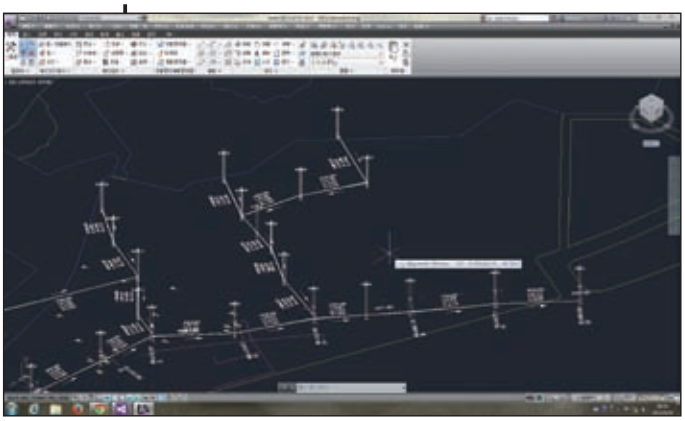


圖6 Civil 3D 應用於汙水下水道管網配置

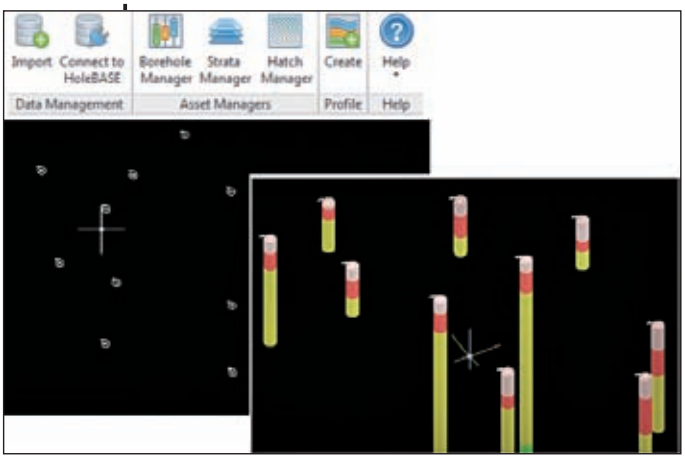


圖7 Keynetix 的3D鑽探紀錄

Revit®Architecture所做的建築模型可以插入AutoCAD Civil 3D，以便整合建築提供的公用設施、建物出入口等設計資訊。同樣，路工設計者也可以將道路平剖面等資訊直接傳送給結構或建築，以便配置結構物。

Autodesk geotechnical module(如圖7)，是一家叫做Keynetix的英國公司開發的模組，在Civil 3D上運作，從工地鑽探資料輸入起，應用於鑽探孔、土層等之資料管理，到3D展示及圖說製作。

六、Bentley公司產品

另一家工程軟體大廠Bentley公司出品的MicroStation 3D塑模軟體，在功能上亦屬強大，搭配的土木套裝Power Civil、RailTrack、下水道系統SewerCad、地質資料庫gInt、RM Bridge等軟體，也提供另一選擇。

七、CATIA

CATIA是法國達索系統（Dassault Systemes S.A.）公司開發的跨平台商業3維CAD設計軟體。CATIA作為達索系統產品生命周期管理軟體平台的核心，主要應用在航空工業和汽車工業，美國波音飛機製造公司就是CATIA的重要用戶。由於CATIA出色的曲面建模功能，許多汽車設計製造公司常用其進行車身、車門、車頂等組件的設計。將CATIA移植到建築業，應用於大型而具有自由曲面的現代建築，已見其發揮功能，未來亦具有很大的市場潛力。

BIM模型必須在軟體間交換利用，如圖8。這個需求不只是階段性，也存在於不同專業間。因此1994年國際軟體互動聯盟（International Alliance for Interoperability，IAI）發表了IFC（Industry Foundation Classes）檔案共通格式，一般BIM軟體也多以IFC為交換標的，可作為提交業主之模型格式。而一般BIM軟體多可輸出IFC格式檔案，在軟體間交換時，雖無法完全保持原有之資訊結構，一般幾何資訊均可在軟體間傳遞。

2005年IAI改組為BuildingSMART。BuildingSMART及一些資訊廠商為了改善這個問題，又提出OpenBIM的概念，可確保在通過OpenBIM認證的軟體間資料可無縫接軌，後續發展值得關注。

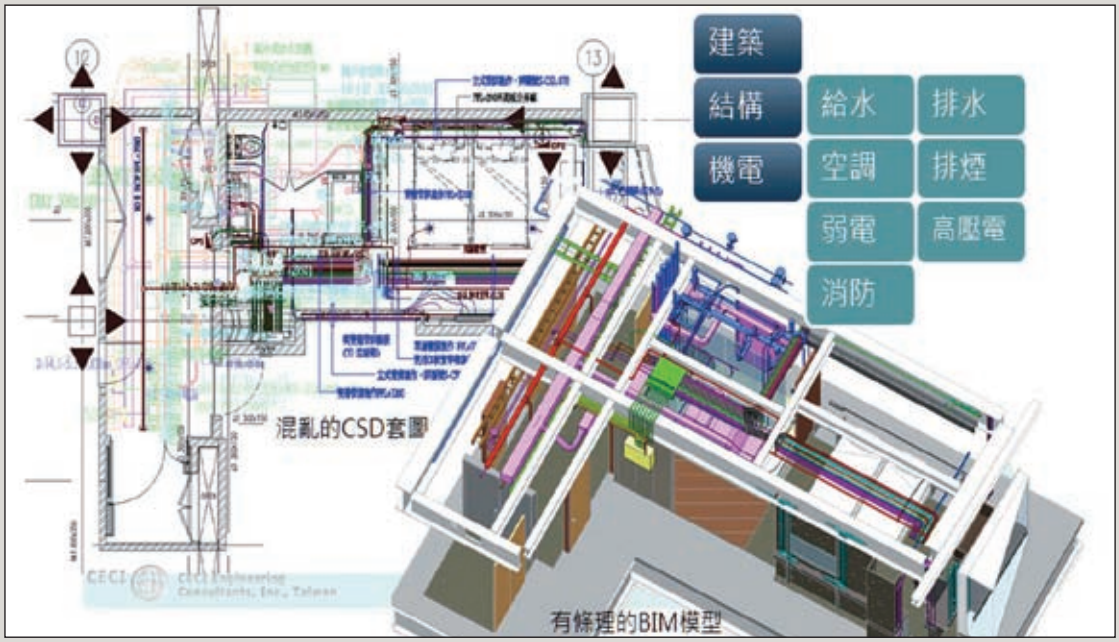


圖8 BIM模型與傳統CSD套圖的比較

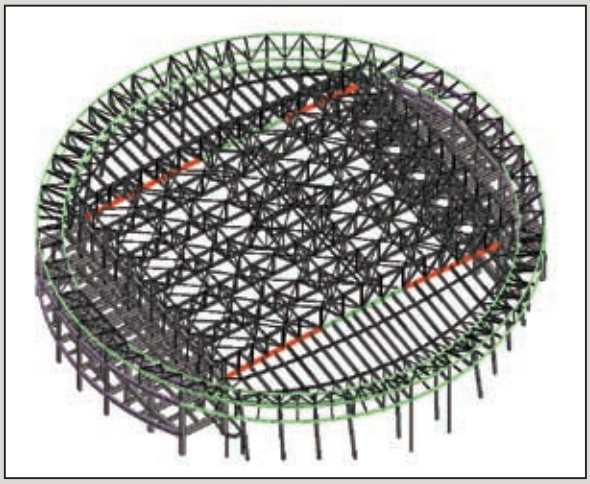


圖9 SAP結構分析軟體資料檔轉換成 Tekla 3D 模型再併入 Revit 建築模型

圖10 本公司開發之視覺化鋼構工程吊裝管理系統

肆、BIM應用

一、工程全方位

3D建模應用在3D視覺溝通、管線衝突檢查、空間配置的優化，是目前大家耳熟能詳的加值功能，如圖9，而且是以前很難或做不到的事。至於直接產製工程圖說、檢算工程數量均為目前本公司已在進行之作業，甚至4D施工程都是可想到的應用。在施工階段，應該有更能發揮的效益等待施工團隊去發掘，如工法研擬、備料、工序、施工機具空間模擬等。本公司開發之視覺化鋼構工程吊裝管理系統可為範例，如圖10。

二、設施管理系統

BIM模型歷經規劃階段、設計階段及施工階段，資料的正確性及完整性已相當充足。然而

如何利用這個BIM模型繼續延續整個建築生命週期，讓未來的營運管理團隊能夠利用它來執行管理業務，是接下來重要的課題之一。且營運管理團隊或物業管理公司通常不是工程專業背景，不易了解工程圖說，更不易操作BIM軟體；期待能夠將BIM概念導入設施管理，讓管理人員碰到問題時，無論是查詢、作業、紀錄都在BIM模型上進行，需要就BIM模型的運用進一步開發軟體。

另一方面，智慧建築的發展已開始落實，因此建築物的節能、智慧化、永續化的概念代表著科技與生活的結合，而這個結合更是需要一個具備全生命週期概念的管理系統，除了將建築物的設計、施工及營運管理的細節一一記錄，更需要以視覺化的管理方式來突破文字溝通的障礙。針對未來使用與管理需求將BIM竣工模型轉化為設施管理系統的模型，導入設施管理系統，讓未來的使用者及管理者能夠掌握完整的資訊，本公司BIM中心正持續發展BIM設施管理系統VFOM，如圖11，開發完整的操作軟體，期許工程得以永續經營。我們期待以BIM竣工模型發展的BIM設施管理系統能夠越來越完備，也讓智慧建築的應用越加廣泛。

圖11 本公司開發之設施管理系統

伍、BIM未來展望

回顧工程界三十年前，由手繪製圖至電腦輔助設計CAD的歷程，也是起步蹣跚而漸次發展，今天又面臨再一波工具上的大變革，但這一波改變將不只是工具而已，由於工具的發展，勢將影響作業流程，甚至可能改變產業分工，進而觸動產業結構的改變。私部門的建築、營造業界，已經感受到BIM 可能發揮的功能，越來越多的業者開始採用。但BIM的門檻，可能比CAD高，跟進或被淘汰是業界對未來的選擇。

政府工程主管機關也已經注意到BIM技術的進展，著手推動或試行。但BIM面臨的最大挑戰卻是政府法規與採購制度，規劃、設計、發包、施工的切分方式尤其使得BIM全生命週期應用的理念難以連貫而斷裂。台北市政府與新北市政府在某些工程個案中，要求採用BIM技術，也是BIM在公共工程上發揮功能的關鍵。建築主管機關推動BIM建築許可審核制度，可鼓勵業界儘速抉擇導入BIM的時機。目前新北市政府已著手進行此項改革作業。

建築資訊模型(BIM)技術正方興未艾，已經有人認為它會是一場革命。

參考文獻

1. Autodesk (2003), Building Information Modeling, San Rafael, CA, Autodesk, Inc.

2. 謝尚賢(2012)，"BIM之技術應用中LOD意味詳細度或完整度"，營建知訊，第352期，第60-61頁。

3. 朱慶村、蔡榮禎、劉政雄、鄧宏逵、楊家豪(2012)，"BIM技術在萬大線結構設計之應用"，捷運技術半年刊，第47期，第23-37頁。