

BIM於建物全生命週期各階段

之導入與應用

康思敏／亞新工程顧問股份有限公司BIM管理及工程整合中心經理

莫仁維／亞新工程顧問股份有限公司副總經理

曾雅愉／亞新工程顧問股份有限公司工程師

BIM 資訊模型 (Building Information Modeling) 其中包含物件訊息，可應用於支持管理上或營建上的決策，模型於建築物的生命週期中，由各專業領域的設計者陸續提供相關的資料與專業知識，並整合儲存於一個立體的模型內，相對地，各領域的人員亦可由該模型中獲取所需處理的資料，達到資料共享與資訊再利用的目的。此篇以亞新工程顧問股份有限公司執行的實際案例說明 BIM 可應用層面，由最早的概念階段、細部設計、施工營造、後續的資產管理，以及到最終拆遷階段。

隨著 BIM 技術的興起，顛覆了傳統土木業界的作業流程與方式，也為土木建築等相關產業注入更有效益與提升整體品質之精神，BIM 技術之應用賦予建築物全生命週期各階段不同意義，於各階段導入 BIM 技術之成效與優勢亦不同，模型持續所累積的龐大資訊量，除了於前期協助設計單位設計發想與可行性檢討，更可輔助提供營造單位相關 BIM 資訊及精確施工，於後期模型則可轉化為營運管理運用，後續邊際效益應用發展意義深遠。

算，所含帶的資訊遠優越於傳統的圖紙訊息。BIM 於建物全生命週期（詳圖 1）各階段之導入與應用如下列：

■ 規劃階段：即時分析

(1) 量體研究 (2) 方案分析 (3) 日照分析 (4) 風場分析 (5) 熱能分析 (6) 功能面積研究 (7) 初步預算 (8) 結構分析與設計 (9) 落實設計

■ 設計階段：量身訂做

(1) 設計碰撞檢測 (2) 結構計算 (3) 視圖渲染 (4) 面積計算 (5) 法規檢討 (6) 系統整合 (7) 團隊協同作業 (8) 產出設計圖說

■ 施工階段：數量精算

(1) 施工中衝突檢討 (2) 數量精算 (3) 建材分類 (4) 施工排序 (5) 進度排程模擬 (6) 建材輸送 (7) 設計變更 (8) 成本分析 (9) 價值工程 (10) 工地管理

■ 營運管理階段：節約開支

(1) 整合的單一電子檔管理 (2) 動線分析 (3) 能耗優化 (4) 空間管理 (5) 設備管理 (6) 翻新與升級 (7) 全生命週期預算

BIM 階段應用與效益

以往建築設計主要是根據 2D 平面圖來建構建築的樣貌與細節，BIM 資訊模型除了 3D (X, Y 和 Z) 的空間尺寸外，多元的視覺化資訊使應用層面較 2D 更為寬廣，除了便利研讀設計，亦可有效檢討介面衝突，另外加入 4D 時間的推演，及 5D 的成本推



圖 1 BIM 於建物全生命週期

亞新工程顧問股份有限公司於上述四階段應用，在台灣與海外均有成功 BIM 實際案例，且成果良效，除了改善既有工程重覆與複雜之整合流程，更對既有工程技術問題與管理層面上，提供不同的解決方案，使業主能對 BIM 有更深入的應用，同時也創新管理方式，以下將以實際案例分析說明。

BIM 應用案例說明一： 成功大學生物科技大樓新建工程設計

本大樓從設計階段即導入 BIM 技術，應用 BIM 技術整合各單位專業，從設計初步定案策略及空間量化整合；結合模型拋轉分析進行結構設計工作；產生設計圖以及其他相關明細資料；延伸應用於檢核預算成本交付建築設計單位整合。本案自規劃階段，於基地環境分析，利用 BIM 技術作為設計成果驗證檢討工具，並預計延伸應用至細部設計作業結束為止，其中 BIM 應用成果如下：

■ 加速初步設計定案

由於 BIM 模型於初期階段應用上，基本的量體就可以與基地環境進行資料分析交換與互動反應。從各種的條件下，包括日照、風場甚至單一空間如響度等，在三維的環境下，以質化方式做有效的參考與決

策的提醒（詳圖 2），有效的讓團隊於專案執行上也更加深入，例如從面風問題、西曬的解決、景觀上對應的陰影環境以及展演空間上有效聲響應用。

■ 設計作業整合應用

設計作業整合上，須先從前端業主與使用單位的需求進行整合工作，因此，在建築專業設計內容的整合外，亦透過 BIM 整合結構與機電模型，避免相關碰撞問題產生，讓成果達到一致性。此外，BIM 資料匯出的功能，可以快速的讓設計成果以數值化的方式清楚的呈現，並立即與實際的規範或需求資料做完整比對，讓設計作業成果更具體。

圖說資料的匯出應用，也是 BIM 於設計技術導入的重點之一。應用 BIM 協助設計者整合各階段圖面，如專業圖說套繪一致性、特殊剖面、以及快速產出參考等應用，均大幅度提升執行資訊的正確性。同時於結構設計上，更解決傳統之軟體不連通性，利用模型可從結構荷載、程式分析、設計圖說產出至預算的部分，將相關工作流程資訊平行化，使環節連繫，並應用連動更新之特性（詳圖 3）節省重覆性的工作。

不規則形狀之建築物，利用 BIM 軟體強大的空間座標概念，於空間中非常容易控制點位，在操作上做

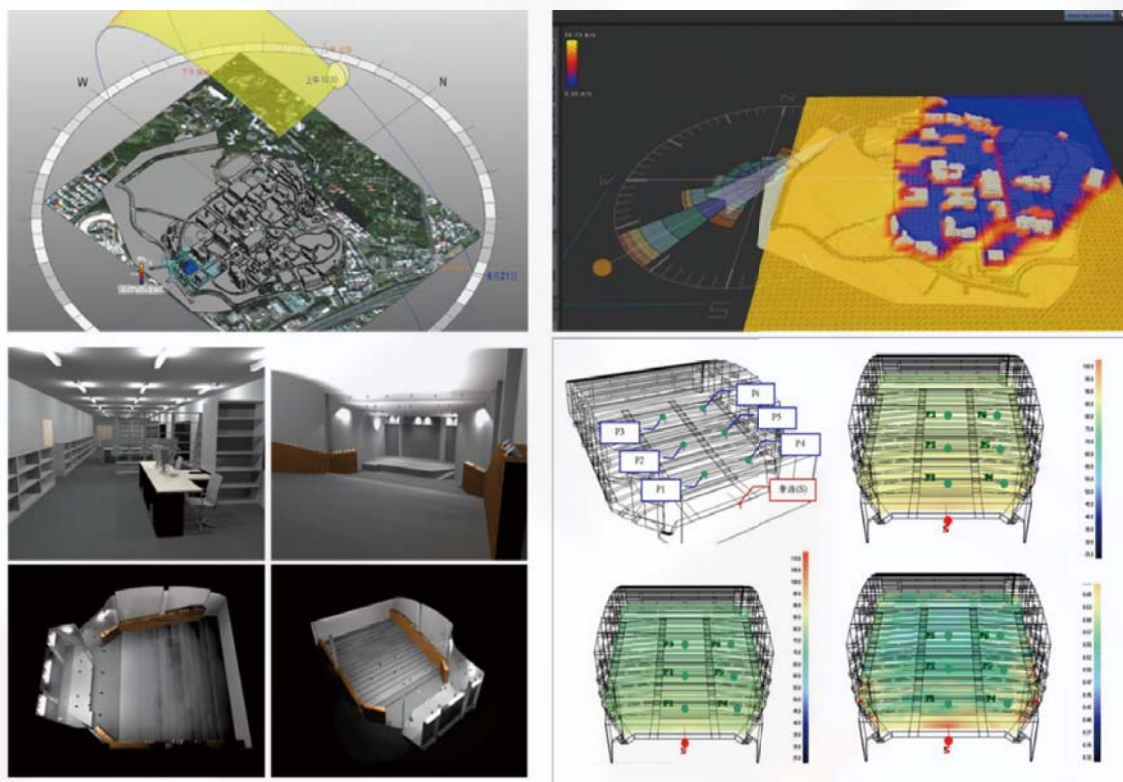


圖 2 環境模擬

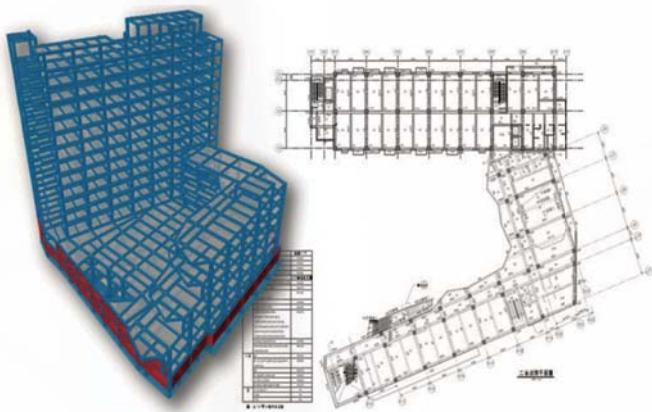


圖 3 結構模型與圖面連動

調整就可即時看出空間的合理性，將結構高程位置融合建築意象於三維空間中於定義出來。以本案為例，2樓到4樓連續兩個跨樓層且範圍不同的演講廳，以傳統方式2D平面圖難以呈現結構配置，也不易溝通，利用BIM結構資訊模型做為溝通平台，清楚於模型中展現結構走向，亦可切出關鍵點三個LINE線的2D設計圖說，供設計圖用（詳圖4、圖5）。

■ BIM 管理技術流程建立

本工程從圖紙管理、明細管理、族群管理以及資訊版次上的訂定，均透過BIM模型本身進行整合性管理，其相關的圖面呈現、報表格式、文件上的追蹤控管（詳圖6），以及設計內容的方案決選，也因為BIM技術的應用，而產生相對應新的工作流程規劃。

從設計階段導入BIM，獲得之效益不僅止於基本的應用行為，而是需要透過設計作業本身執行上的工作需求，以BIM模型現有的技術進行取代與突破。同時應用BIM模型整合的優點，統一資料的導入與產出管理，間接的獲得一個高品質的設計成果。

BIM 應用案例說明二： 高速鐵路彰化車站新建計畫工程管理

彰化站新建工程自設計規劃階段至施工階段導入BIM技術，並提供溝通平台有效統一及同步各專業版次圖說與資訊，統和各單位設計成果以及整合各專業介面提出介面疑義及釐清圖面不清之部分，大幅減少後期施工階段資訊落差、圖說標示不清與工程延宕之虞，整體提升設計成果及施工品質與時程控管，同時亦累積大量設計整合資訊（詳圖7），其BIM協助成果如下：

■ 規劃設計階段：設計整合

車站設計概念為呈現花卉綻放之優美姿態，然而花朵結構柱與建築裝修之曲率整合、機電管線之配管，以及整合建築裝修與機電，更為一大課題。此階段整合各專業花朵造型柱之設計成果，並針對設計需求及介面衝突問題，提出討論與解決方案，持續修正與檢討花朵柱之曲率，更確保造時效性介面整合。另外，因鋼構廠商因需預先製作花朵造型柱鋼構骨架，BIM模型亦產出剖面圖說及透視圖說提供鋼構廠商，以利兩者進行比對是否符合設計所需要之曲率。

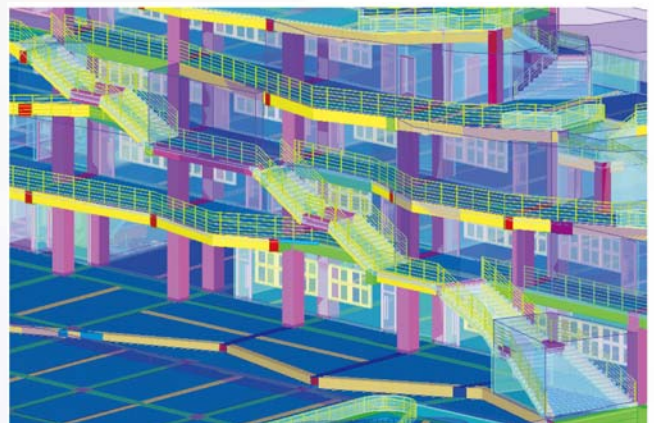


圖 5 結構梁配置採沿樓梯型式

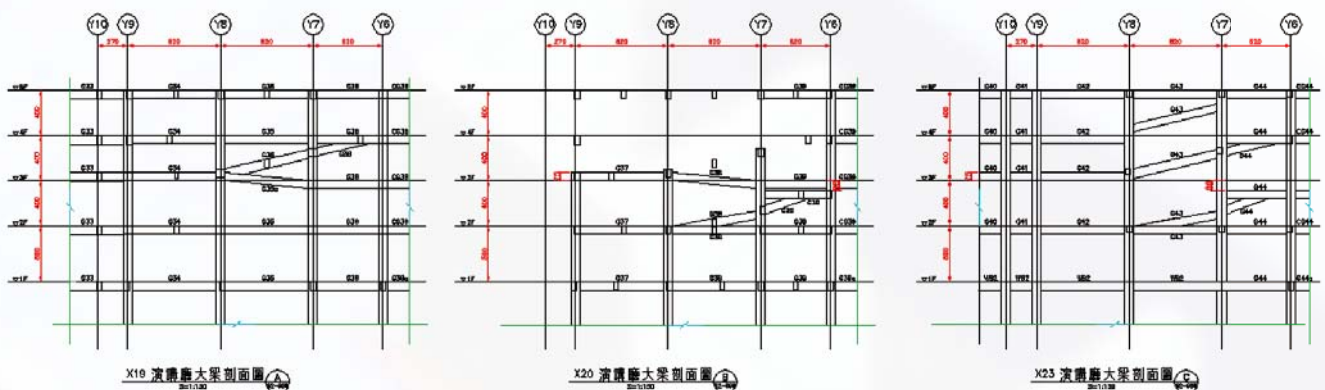


圖 4 結構設計定位圖面產出

零件清單清單
案號: 101
案名:

日期: 08.04.2013

規格	材質	數量	長度(mm)	單面積(M2)	單重(Kgs)	總重(Kgs)
800*800	280	3	12000.0	39.68	18432	55296
800*800	280	8	8500.0	36.16	16128	130560
800*800	280	1	8000.0	34.56	15360	15360
800*800	280	1	6838.0	23.16	10503	10503
800*800	280	6	6000.0	29.44	12288	73728
800*800	280	1	5200.0	17.92	7987	7987
800*800	280	33	5000.0	17.28	7680	253440
800*800	280	1	4982.0	17.22	7652	7652
800*800	280	44	4200.0	14.72	6451	283853
800*800	280	248	4000.0	15.36	6144	1923072
800*800	280	28	3800.0	13.44	5837	163430
800*800	280	1	3463.7	12.35	5315	5315
800*800	280	2	3458.5	12.35	5312	10625
次加總: 1666827.8			391.01			3007188
900*600	280	1	8500.0	26.58	11016	11016
900*600	280	1	5000.0	16.08	6480	6480
900*600	280	1	4200.0	13.68	5443	5443
900*600	280	11	4000.0	13.08	5184	57024
900*600	280	1	3800.0	12.48	4925	4925
次加總: 65500.0			81.90			84888
總加總:			942.35			4744502.1

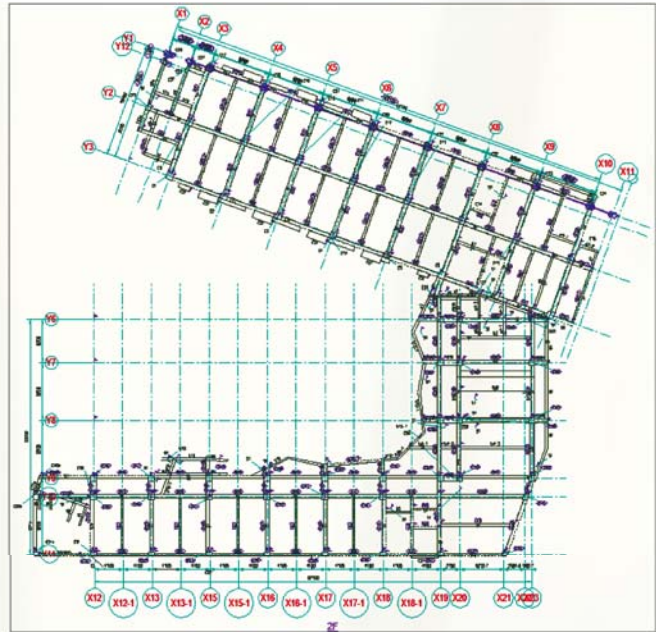


圖 6 BIM 明細管理

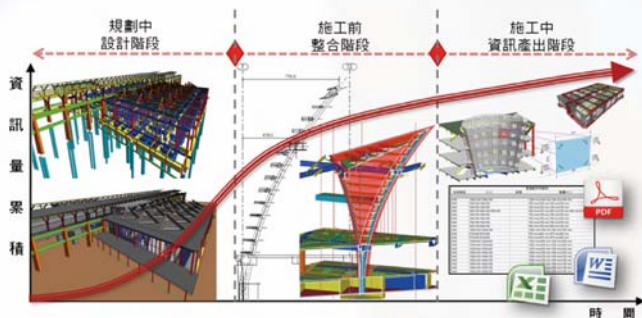


圖 7 建築物全生命週期與導入 BIM 技術流程圖

■ 施工中服務階段：最佳化施工

將核定凍結版 BIM 模型成果放置圖說資訊管理平台，供業主及相關單位運用及討論，並利用此圖說資訊管理平台與各專業施工廠商，針對重點區域研討施工期間可能面臨之問題。18 支花朵造型柱其中 6 支，坐落維修空間穿越穿堂層樓板（詳圖 8），BIM 協助檢討支撐當層樓板柱樑、預鑄花朵鋼柱銜接細部，以及預鑄鋼柱銜接混凝土材質樑之配筋檢討，此重點區域檢討可大幅減少施工期間設計變更之疑慮。

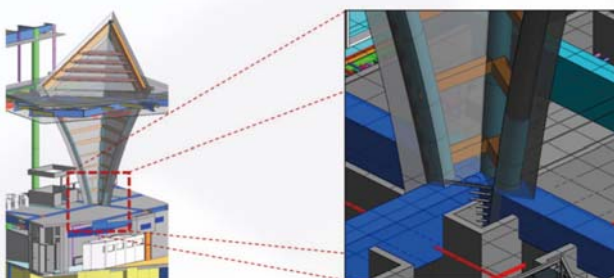


圖 8 花朵柱整合模型

另外，花朵柱排水管路系統透過三維空間視覺化介面，可清楚了解排水管線分佈方式（詳圖 9），協助業主與機電施工廠商溝通，了解管線節點高程是否過高或太低、排水管線與周遭物件之關係與淨空間，以及排水管線與陰井高程定位等疑義，減少施工錯誤之機率，與事前擬定解決方案。

■ 後續營運管理及邊際效益應用：提升營運品質

以竣工圖說調整 BIM 模型再深化為竣工 BIM 模型，以因應後期營運管理之使用流暢性與提高管理效率，須針業主營運模式了解需求，研討及管理階段所需監管及維修項目，置入必要資訊欄位於模型之機電設備及營運使用之設施等（EX. 驗票閘門、售票機等），由於設施設備、機電設備使用單位與維修監控單位不盡相同，故可客製化參數欄位（詳圖 10），有效管控設備之使用年限或維修時間等，同時藉由 BIM 模型產出明細報表（詳圖 11），統計與分析設備廠牌及各設施損壞率等資訊，俾利後期營運單位之使用性及便利性，整體提升後期營運維修管理之效率。

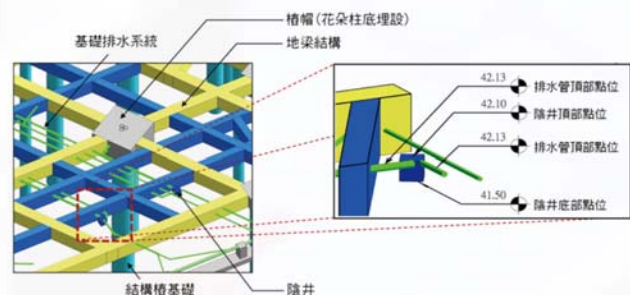


圖 9 樁基礎排水檢討圖

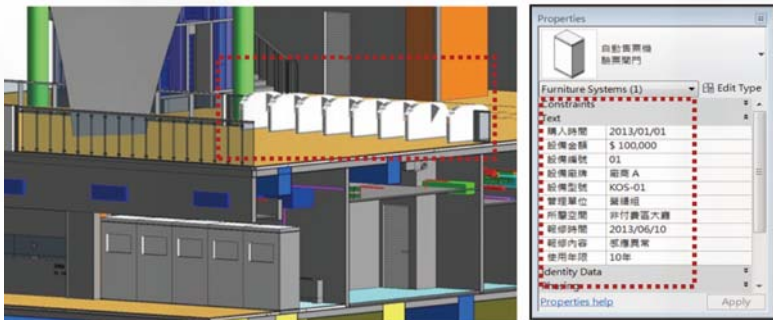


圖 10 營運及管理設施與設備置入資訊

物件名稱	設備廠牌	設備型號	購入時間	使用年限	設備金額	報修時間	報修內容
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000		
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000		
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000		
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000	2013/04/12	無法運作
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000		
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000		
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000		
無障礙驗票閘門	廠商 A	KOS-01	2013/01/01	10年	\$ 100,000	2013/06/10	無法運作
驗票閘門	廠商 B	GAT-02	2013/01/01	8年	\$100,000		
驗票閘門	廠商 B	GAT-02	2013/01/01	8年	\$100,000		
驗票閘門	廠商 B	GAT-02	2013/01/01	8年	\$100,000	2013/07/15	感應異常
驗票閘門	廠商 B	GAT-02	2013/01/01	8年	\$100,000		
驗票閘門	廠商 B	GAT-02	2013/01/01	8年	\$100,000		
驗票閘門	廠商 B	GAT-02	2013/01/01	8年	\$100,000		

圖 11 營運設施及設備資訊與報表產出

此計畫 BIM 模型除了工程運用，亦擴大之後的邊際效益，例如：高品質動畫產製、4D 施工模擬等，協助各專業及相關廠商透過三維視覺化溝通介面與平台，快速讀取與了解本案之內容，彰化站新建工程因為導入 BIM 技術，大幅提高整體工程效率、施工品質與精準度，促使新站如期如質如度完成。

BIM 應用案例說明三： 新北市立圖書館新建工程施工管理

本計畫因故設計階段並無導入 BIM，因此希望聚焦於施工階段之 BIM 實務應用，並藉由工作團隊互動與執行結果的回饋，修正模型以利後續應用，期能發揮最佳之功效。

BIM 3D 協同作業，其中包含工區動線規劃、數位化模擬建構等；有效提升施工整體之正確性、降低錯誤與重工等情形；控制材料數量避免資源浪費，並且實際在研究過程與現場作業成果進行比對與驗證，調整作業方式與相關檢討重點。

■ 疑義澄清與檢討衝突

本案於建模期間，發現圖面疑義共 30 項，其中包含圖面尺寸有待釐清 18 項及圖面資料缺少 12 項；建模完成後，經整合各專業模型，所發現之衝突數量共

32 項，其中以軟體碰撞檢核為 23 項，另外以工程師判讀，可能造成之衝突為 9 項，皆與施工廠商進行討論，並以備忘錄形式提送衝突報表（詳圖 12），監造單位也以工務通知單通知結果作成紀錄，供後續施工時作為依據。

■ 機電管線視覺化

運用機電管線視覺化，與承包商討論，從模型中探討各管線之相互關係，檢討相關衝突點，並直接於模型更改高程回饋於 2D 圖面，協助解決管線定義高程（詳圖 13）。

■ 施工底圖產置

依據計設圖說模完成型後，配合施工承商，模型直接進行高程的調整，以不同角度及相關剖面調整車道順暢度，調整完成後，檢討車道中心線之斜度符合法規的要求，並直接於模型產出車道版之各放樣點高程，再

依車道版推算出版下樑之相關高程，協助施工廠商產出施工圖（詳圖 14）。

■ 混凝土數量比對

藉由模型中直接提取所需的混凝土數量，經整理與合約估算數量及實際數量做比對，如表 1 所示，得



圖 12 衝突紀錄表



圖 13 視覺化討論會議

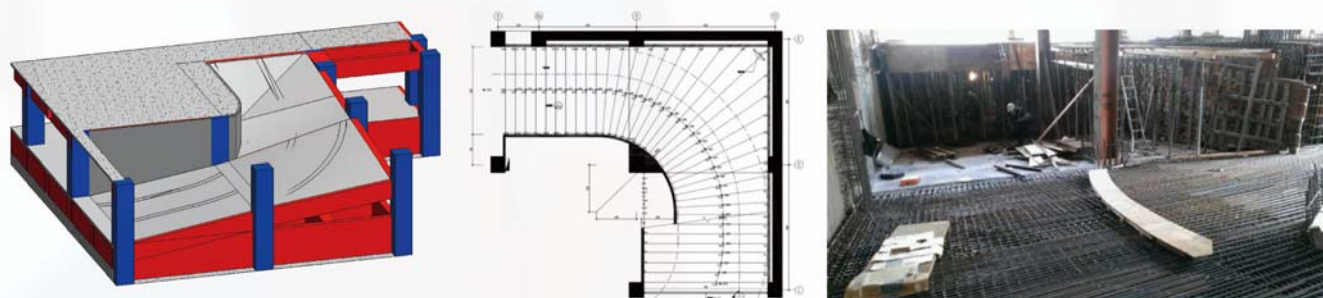


圖 14 模型修正產出放樣施工圖與現場施作

知在總量上相當接近，但因筏基部份因基坑等加深區造成坡度無法精準計算，而造成筏基部份總量有些微差異。若定義模型邊界以及所要提取數量的範圍，就能準確的從模型中提取混凝土數量，提供廠商於後須報價時，作為一個參考值。

表 1 混凝土數量比對表

單元	合約數量 (M ³)	BIM 數量 (M ³)	實際數量 (M ³)
筏基 PC 層 (140 kg/cm ² 混凝土)	338	335.7	378
筏基 FS 版、地樑、BS 版 (350 kg/cm ² 混凝土)	3906.57	3961.44	4098
B3F (350 kg/cm ² 混凝土)	1230.73	1232.33	1267

從施工階段導入 BIM 也能得到實質的效益，但並不會因為導入 BIM，就減少施工所需的程序，而是適時運用 BIM，能夠快速的得到所需的資訊，藉由持續的回饋更新資訊於模型內，才能後續得到更多及更有效的資訊。本計畫於施工階段導入 BIM，得到下列之相關效益：

- (1) 於各階段施工前找出衝突點，並透過檢討流程與相關廠商討論解決釋疑，並完整將解決釋疑紀錄，有

效降低施工時因衝突而造成時間延滯。

- (2) 透過視覺化，可完整將管線之高程相對位置呈現於模型中，並直接於模型中調整，可降低錯誤產生。
- (3) 針對特定目標，與廠商直接運用模型討論，並利用 BIM 之優點，可更有效的將施工底圖產置。
- (4) 直接運用 BIM 模型產出混凝土數量，可代替傳統估算數量。

BIM 應用案例說明四： 學校 BIM-GIS 設施管理系統建置

本計畫亞新工程顧問以優越 BIM 技術與 GCC（Gulf Cooperation Council）成員之一的國科會 GIS 小組合作，以實際兩所學校為例，將兩者技術成功整合，展現未來產物營運管理的新模式予教育部，以做為執行全國教育機構營運管理之可行性評估。

計畫內建置的國立學校均已施作完成並營運多年，此計劃以施工圖為基準，並結合營運管理之基本資料，客製化建立 BIM-FM 模型（詳圖 15、16），將模型由前端的 BIM 建置軟體轉化入簡易介面的營運管理軟體，以符合親合操作目標，同時依據學校特殊管

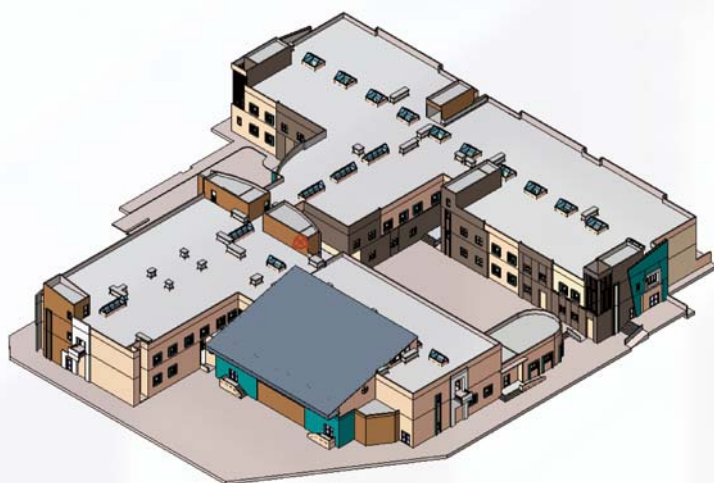


圖 15 BIM-FM 模型

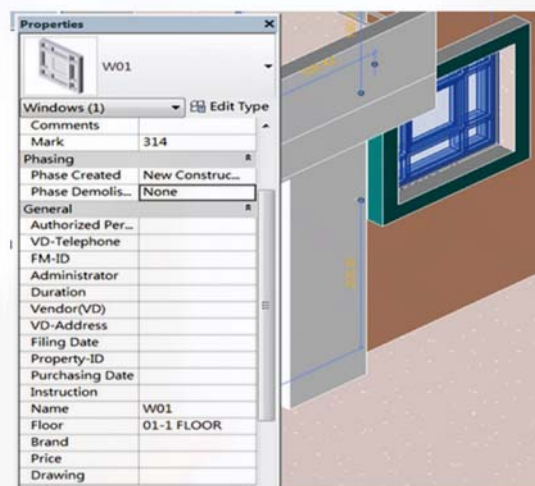


圖 16 植入客製化的營運資訊



圖 17 BIM-FM 系統

理模式，制定 BIM-FM System 功能，如篩選區域或總類，產出設備報表、自動派工等。

■ 單一整合的 BIM-FM 模型效益

由於學校設施管理，人員與資訊常有接替的問題，造成管理方式與記錄無法延續，BIM-FM 單是將資料累積就已經有很大的助力，可掌握物件最新狀況，加上親合度良好的視覺化 3D 介面（詳圖 17），能簡易查閱設備所在，BIM 於學校設施管理的應用，於此專案所得到的效益如下：

- (1) 模型含有完整的工程圖說與資訊，可藉由點閱方式查詢設備的最新資料與歷史紀錄。
- (2) 3D 視覺化的溝通介面，使用介面親合度高，適合無工程背景人員操作。
- (3) 系統介面設計與資訊輸入格式一致化，資料傳遞無移轉問題，且不會因人而異。
- (4) 因為數位化，可以不斷更新資訊且連續紀錄，所累積的資料可進一步分析，成為決策依據，將資訊化 Information 為知識 Knowledge 與最後的關鍵專業 Decision。

■ 加速維修效率

學校的設施管理管，雖然規模不如私人企業來的繁瑣，但是由於學校人事組織，與設備總類多元，管理上仍有難度，加上需要因應氣候與自然災害，適時調整維護進度與頻率，在安排人員上需要高機動性人員配合，然而學校維護多數仰賴外來資源，自動化的

BIM-FM 系統，則可以於此條件下，利用系統自動報修、派工與回報結案的功能，加速完成修護，以降低對課程影響程度。

BIM 軟體隨著發展成熟將會更多元化，在設施管理亦是如此，未來在如何將前端模型檔案格式，銜接至 BIM-FM 系統內，中間的交換格式都須考量納入，BIM-FM 是將 BIM 之中的 I 延續 Information 資料傳遞，並取其轉出的資料作後續應用，所以系統除資料更新，日後的模型更新與設備位置調整，都需持續。

此專案執行成果良效，其中效益非僅只於該所學校，其後所累積的資訊與分析，將可推廣於其他學校，若是擴大與同區域資料整合，尤其是公立學校，甚至可達到人員共同派遣與備品共同採購等實質成效，藉以提升效率與節省支出。

BIM 執行層面

BIM 技術日益更新且可應用之層面廣泛，但是如何完成業主最初原始需求，則需要前期作業的溝通，使需求與服務相對等，有鑒於公共工程採用 BIM 技術增加，卻往往執行上產生過度萬能與理想化目標，導致 BIM 執行流於合約層面。BIM 可執行於很多階段，也能輔助工程順利進行，但是並非在一個階段完成所有工作，回歸 BIM，Modeling，模型本身就是漸進式增修，在不同階段完成不同目的；相對，既有的工作流程也須修正來配合新技術，這樣 BIM 才能真正完成建築全生命週期的使命。