

應用 BIM 於建築工程 ERP 系統研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 108 年 12 月

應用 BIM 於建築工程 ERP 系統研究

研究主持人：陳士明

研究期程：中華民國 108 年 1 月至 108 年 12 月

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 108 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

A Study on Application of BIM to Construction ERP
System

BY

Shih-Ming Chen

December, 2019

目次

目次.....	I
圖次.....	II
摘 要.....	V
ABSTRACT.....	IX
第一章 緒 論.....	1
第一節 研究緣起與目的.....	1
第二節 研究範圍.....	2
第三節 研究流程.....	2
第二章 文獻回顧.....	4
第一節 BIM 相關應用文獻回顧.....	4
第二節 企業資源規劃 ERP 文獻回顧.....	4
第三節 營建工程企業資源規劃 ERP 文獻回顧.....	5
第四節 建築工程 ERP 系統功能需求.....	6
第五節 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統效益.....	7
第三章 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統之架構及策略.....	10
第一節 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構.....	10
第二節 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統執行策略.....	14
第四章 實作驗證.....	19
第一節 工作分解結構功能方式一操作方法說明.....	19
第二節 工作分解結構功能方式一之案例操作步驟.....	19
第三節 工作分解結構功能方式二操作方法說明.....	29
第四節 工作分解結構功能方式二之案例操作步驟.....	29
第五節 資源分配及時程規劃系統分析計算運作流程.....	40
第六節 匯出資源分配及時程規劃系統分析計算結果至本建築工程 ERP 系統運作流程	44
第五章 結論與建議.....	71
第一節 結論.....	71
第二節 建議.....	71
參考書目.....	74

圖次

圖 3-1 「應用 BIM 於建築工程 ERP 系統」整合系統架構.....	11
圖 4-1 自宿舍大樓 BIM 模型匯出 IFC 格式檔案.....	20
圖 4-2 使用 xBIM Xplorer 將 BIM 模型 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案.....	21
圖 4-3 BIM 模型 COBie 格式檔案.....	21
圖 4-4 「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能.....	22
圖 4-5 擷取 BIM 模型資料至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」.....	23
圖 4-6 自所建置之不同類別資料表擷取各工項所需資料，並調整資料欄位名稱.....	24
圖 4-7 建構 BIM 模型元件與工項物件(由數個元件組成)對應關係資料表.....	25
圖 4-8 建構 BIM 模型物件與工項 (由數個物件組成)對應關係資料表.....	26
圖 4-9 建構工項資訊資料表.....	27
圖 4-10 依類別需求彙整出各工項所需 BIM 模型資料.....	28
圖 4-11 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-1.....	29
圖 4-12 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-2.....	30
圖 4-13 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-3.....	30
圖 4-14 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-4.....	31
圖 4-15 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-1.....	32
圖 4-16 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-2.....	32
圖 4-17 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-3.....	33
圖 4-18 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-4.....	33
圖 4-19 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-5.....	34
圖 4-20 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-6.....	34
圖 4-21 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-7.....	35
圖 4-22 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-8.....	35
圖 4-23 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-9.....	36
圖 4-24 分離 Excel 格式檔案數據資料與單位文字資料-10.....	36
圖 4-25 將 BIM 模型明細表 Excel 格式檔案資料匯至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」	38
圖 4-26 調整所建置之不同明細表資料表欄位名稱，並重設 BIM 元件編號.....	38
圖 4-27 建構工項資訊資料表.....	39
圖 4-28 依類別需求彙整出各工項所需 BIM 模型明細表資料.....	40
圖 4-29 使用「資源分配及時程規劃系統」的資源元件庫設定各工項間邏輯和順序關係流程 圖.....	41
圖 4-30 設置工程限制條件.....	41
圖 4-31 設置工程執行目標.....	42
圖 4-32 設定整個工程各可用資源的數量、各空間的面積及各資源單位成本之機率分布樣態	42
圖 4-33 從 BIM 模型導入各工項工作數量或從手動界面設定各工項工作數量.....	42

圖 4-34 設定每個工項所需的資源類型、空間位置、資源關係、最大資源生產率，及各資源於各工項所需工作面積.....	43
圖 4-35 使用「資源分配及時程規劃系統」分析出各工項最佳施工時間、資源分配、資源生產率、空間分配、成本、開始施工時間及完成施工時間.....	43
圖 4-36 使用「資源分配及時程規劃系統」分析出最佳工程施工時間、成本、成本淨現值.....	44
圖 4-37 使用「資源分配及時程規劃系統」分析出各資源於整個工程資源使用率.....	44
圖 4-38 「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」首頁.....	45
圖 4-39 執行預算管理及行政作業管理.....	46
圖 4-40 產製預算管理及行政作業管理報告.....	47
圖 4-41 執行進度管理.....	48
圖 4-42 產製工程進度管理管理報告.....	49
圖 4-43 產製估驗計價進度管理報告率.....	50
圖 4-44 「資源及空間管理」首頁.....	51
圖 4-45 執行人力管理.....	51
圖 4-46 產製人力管理報告.....	52
圖 4-47 執行設備管理.....	53
圖 4-48 產製設備管理報告.....	54
圖 4-49 執行材料庫存管理.....	55
圖 4-50 產製材料庫存管理報告.....	56
圖 4-51 執行各工項材料管理.....	57
圖 4-52 產製各工項材料管理報告.....	57
圖 4-53 執行全部材料管理.....	58
圖 4-54 產製全部材料管理報告.....	59
圖 4-55 執行空間管理.....	60
圖 4-56 產製空間管理報告.....	61
圖 4-57 執行工項管理.....	62
圖 4-58 產製工項管理報告.....	63
圖 4-59 執行採購管理.....	64
圖 4-60 產製採購管理報告.....	65
圖 4-61 執行會計管理.....	66
圖 4-62 產製會計管理報告.....	67
圖 4-63 執行供應商管理.....	68
圖 4-64 產製供應商管理報告.....	69
圖 4-65 執行估驗計價管理.....	70
圖 4-66 產製估驗計價管理報告.....	70

摘 要

關鍵詞：建築資訊建模(BIM)、工作分解結構、資源分配、時程規劃、建築工程 ERP 系統

一、 研究緣起

建築工程營建管理中最基本，但也是最耗時及易產生人為錯誤的部分就是各類資料的輸入，及因應各種不同管理需求及不同形式的資料轉換、計算及報告輸出，故須一合適的建築工程營建資料管理系統。

ERP (Enterprise Resource Planning, 企業資源規劃管理)系統整合企業內部財務會計、製造、進銷存等資訊流，並透過系統設定的商業邏輯判斷計算產出管理資訊，提供給管理階層做正確即時的管理情報分析。傳統 ERP 系統著重在持續規律運作的材料進貨、生產製造、銷貨數量、庫存數量管理的層面，與建築工程營建管理涉及進度、工項及資源管理範圍，並以預定進度成本收入來作為實際進度成本收入管理基礎，及同一資源於不同進度隸屬於不同工項的產業特性不同，故傳統 ERP 系統難以適用於建築工程營建管理。另外，建築工程營建資料管理的最大難題在於難以即時取得各種不同需求管理所需的基礎數據，隨著建築資訊建模 (BIM)技術的成熟，可藉由 BIM 取得主要工程項目管理所需的即時基礎數據。

本計畫研擬一建築工程 ERP 系統架構及研發一離型系統，並整合 BIM 及筆者先前研發之工作分解結構系統(於本研究中與「建築工程 ERP 系統」整合成「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」)[1]及資源分配及時程規劃系統[2]，成一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構，及研發一整合型的離型系統。

二、 研究方法及過程

本研究蒐集及探討分析國內外包含建築工程施工階段所需管理項目及範圍、BIM 及 ERP 系統等相關文獻及商用軟體，並據以研擬一建築工程 ERP 系統架構及研發一離型系統，並整合 BIM 及筆者先前研發之工作分解結構系統(於本研究中與「建築工程 ERP 系統」整合成「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」)[1]及資源分配及時程規劃系統[2]，成一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構，及研發一整合型的離型系統，供國內後續發展相關系統參考。

另本研究以一 Autodesk Revit 軟體建置之 8 層樓高宿舍大樓之 BIM 模型為實際案例，研訂如何自 BIM 匯出資料及使用資料格式，經「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」[1]依工項需求重新整合這些資料，供後續「資源分配及時程規劃系統」[2]分析計算，並藉由「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能，及自動產製相關報告。

三、 重要發現

本研究計畫研提一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統自動化之資源分配、時程規劃、營建管理及資料庫管理之整合系統架構，此架構涵蓋三個主要系統或軟體：(1) BIM 建模軟體；(2)

工作分解結構及建築工程 ERP 系統;(3)資源分配及時程規劃系統。此架構主要執行步驟如下：
(1)自 BIM 模型獲取 BIM 非幾何資訊；(2)於「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」依工項彙整出各工項數量及空間等基本運算資料；(3)於「資源分配及時程規劃系統」自行設定工程目標及工程限制條件，透過系統自動發展出近乎最佳的資源分配、時程規劃及營建管理計劃；
(4)於「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」匯入「資源分配及時程規劃系統」分析結果及輸入工程基本資料後，自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能。

根據研究結果，本研究有四項建議，建議一為持續研究及推廣應用 BIM 於工程施工階段與維護管理階段；建議二為拓展結合 BIM 與離散事件模擬(Discrete-Event Simulation, DES)技術應用於建築工程施工階段資源分配及時程規劃之研究；建議三為拓展結合 BIM 與 ERP 應用於建築工程施工階段之研究；建議四為拓展結合 BIM、DES 技術及 ERP 應用於建築工程營建管理之研究，詳細說明請參考下面章節。

四、 主要建議事項

建議一

持續研究及推廣應用 BIM 於建築工程施工階段與維護管理階段：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

在公共工程委員會、本所、財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院、各機關學校 BIM 中心及 BIM 軟體廠商共同努力推廣下，BIM 於工程規劃設計階段之應用在本國已逐漸成熟。相對的，BIM 於本國工程施工階段與維護管理階段之應用範圍仍較小，大部分稍具規模工程僅應用於施工階段之 4D、虛擬實境及碰撞檢查，尚屬 CAD 應用範圍，僅少數大型工程或高科技廠建置會搭配基本 BIM 模型資料管理，故建議加強 BIM 於本國工程施工階段與維護管理階段之深層應用研究，並將研究成果於國內業界推廣。

建議二

拓展結合 BIM 與離散事件模擬(Discrete-Event Simulation, DES)技術應用於建築工程施工階段資源分配及時程規劃之研究：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

BIM 模型本身具有相當豐富的工程基本資訊，但是 BIM 模型並未包含任何施工順序相關資訊，所以需要一工項時程規劃系統提供工項排程功能。傳統工項時程規劃系統決定各工項所需時間時常靠經驗或過往工程資料估計，然而每個工程都有其不同的工程條件(例如：工班數量、機具數量、材料數量、施工範圍、受限施工環境之施工效率等)及不同最佳化目標(例如：最短施工時間、最低施工成本、有施工時間限制之最低施工成本等)，經驗或過往工程資料無法保證

能適用於新的工程。

另外，傳統資源最佳化技術主要包括數學方法和啟發式方法。然而，數學模型由於公式複雜可能導致求得局部最佳解[3,4]。啟發式模型則是在不同情況下具有不同的有效性，因此無法適用於所有的工程案例。此外，使用者也無法針對給定的工程案例事先知道適用於何種啟發式模型。所以，啟發式模型無法保證獲得最佳解。啟發式模型不一致的解決方案已經導致商用工程管理軟體於資源調度功能間巨大分歧[5]。

電腦數值模擬分析是為真實系統設計一數學邏輯模型並在電腦上對該模型進行實驗的過程[6]。過程模擬的目標涵蓋生產力提升、風險分析、資源分配和現場規劃等範圍。經由對構成該過程之活動本身及活動間順序關係精確表示於模型中，建模者可以預估該過程最後成果的相關資訊和於某特定時間內完成該過程的機率。由於營建工程所需資源包括笨重且昂貴的設備，透過電腦數值模擬分析可以檢視各種可能的資源動態空間規劃選項，並從中挑選出最佳的資源動態空間規劃。施工建模需要使用各模型所定義的建模元素來表達及組成施工過程。電腦數值模擬分析可應用於動態性模擬分析施工過程隨時間產生的變化。

應用離散事件模擬(Discrete-Event Simulation, DES)技術於電腦數值模擬分析為協助使用者於施工管理過程中迅速做出決策分析的利器之一。精確建立施工過程模型後，可利用電腦數值模擬分析出較佳的替代方案及優化相關資源的動態空間規劃。然而，在建築業中應用電腦數值模擬分析技術於施工管理的案例幾乎很難找到，主要原因為電腦數值模擬分析技術的複雜性和建築業人員缺乏該技術的相關知識，另一個可能的原因為需要針對不同的營建管理目標開發不同的電腦數值模擬模型。由於通常不同的工程會有不同的工項及工項間網絡關係，導致不同的工程需要使用不同的電腦數值模擬模型。另外，目前工程管理一般皆使用要徑法(Critical Path Method, CPM)技術做排程、時程控制，然而應用要徑法技術的電腦軟體與應用電腦數值模擬技術的電腦軟體間並不相容，因此想同時應用這兩種技術仍存在一個很大的技術門檻，也導致幾乎很難找到應用電腦數值模擬分析技術於建築業施工管理做排程、時程控制的案例。

綜上，建議研究開發一可匯入及應用 BIM 工程基本資訊，並與實際建築工程施工管理系統有極高相似性、可視覺化，且可靈活應用於不同工程與適用於不同施工管理目標的資源分配及時程規劃電腦數值模擬分析系統，以利將 DES 技術轉移到施工管理實際應用層面。

建議三

拓展結合 BIM 及 ERP 應用於建築工程施工階段之研究：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

資料準備是營建管理過程中非常重要的工作之一，並且是最耗時間及最困難的工作之一。雖然 BIM 模型本身具有相當豐富的工程基本資訊，但是 BIM 模型並無法提供工程施工階段所需之全部資訊(例如：施工階段之施工成本控管及材料採購控管等相關資訊)，ERP 可以促使建築施工管理流程自動化，補足 BIM 模型本身不足之處。

綜上，建議拓展結合 BIM 及 ERP 應用於工程施工階段之研究，以符工程施工階段之實際需求。

建議四

拓展結合 BIM、DES 技術及 ERP 應用於建築工程營建管理之研究：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

如建議二及建議三所述，拓展結合 BIM 與 DES 技術應用於建築工程施工階段資源分配及時程規劃之研究，及拓展結合 BIM 與 ERP 應用於建築工程施工階段之研究，皆有其實際需求。為能提升應用效率，上述功能各資料間移轉須能儘量自動化或半自動化，故建議研發整合上述功能成一完整系統。

綜上，建議拓展整合 BIM、DES 技術及 ERP 功能成一完整系統，應用於建築工程營建管理之研究，使上述功能各資料間移轉能儘量自動化或半自動化，以提升應用效率。

ABSTRACT

Keywords: BIM 、 work breakdown structure 、 resource distribution 、 schedule planning 、 construction ERP system

The most basic and time-consuming part of construction management is the input of various types of information, and different forms of data conversion in response to various management needs. It is also prone to human error for different forms of data conversion, calculation and report output due to the various management needs. Therefore, it is necessary to build a data management system for construction projects.

The ERP (Enterprise Resource Planning) system integrates a company's information flows of accounting, manufacturing, and inventories. It develops the management information through the business logic set in the system, and helps the construction manager to make decisions on construction management issues. The traditional ERP system focuses on material management, manufacturing management, sales management and inventory management. However, construction management involves schedule management, activity management, and resource management. The actual progress is based on the administrative price estimation of scheduled progress. Moreover, the characteristic of construction management, the same resource belongs to different activities at different times, is very different from the characteristic of traditional ERP system. Thus, the traditional ERP system cannot be applied to construction management. The biggest problem of construction management is that it is difficult to obtain the data required for various management needs in real time. With the maturity of building information modeling (BIM) technology, obtaining the data required for various construction management needs in real time can be achieved by BIM.

The project develops a construction ERP system framework, and develops a prototype system. Moreover, an integrated framework and an integrated prototype system, called Application of BIM to Construction ERP System, was developed by integrating BIM, a construction ERP system, a work breakdown structure system, and a resource distribution and schedule planning system.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

QCDSE 為建築工程施工階段的五大管理領域：(1)Q 是 Quality，品質管理，目標為品質如式，確保工程品質合乎要求；(2)C 是 Cost，成本管理，目標為造價如度，工程款不超出預算；(3)D 是 Duration，工期管理，目標為完工如期，於工程契約完工期限前施工完成；(4)S 是 Safety，安全衛生管理，目標為安全無虞，確保施工現場作業安全；(5)E 是 Environment，環境維護管理，目標為環境如常，符合環保。

上述五大管理領域涉及預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理。建築工程營建管理中最基本，但也是最耗時及易產生人為錯誤的部分就是各類資料的輸入，及因應上述各種不同管理需求及不同形式的資料轉換、計算及報告輸出，故須一合適的建築工程營建資料管理系統。

ERP(Enterprise Resource Planning，企業資源規劃管理)系統整合企業內部財務會計、製造、進銷存等資訊流，並透過系統設定的商業邏輯判斷計算產出管理資訊，提供給管理階層做正確即時的管理情報分析。傳統 ERP 系統著重在持續規律運作的材料進貨、生產製造、銷貨數量、庫存數量管理的層面，與建築工程營建管理涉及進度、工項及資源管理範圍，並以預定進度成本收入來作為實際進度成本收入管理基礎，及同一資源於不同進度隸屬於不同工項的產業特性不同，故傳統 ERP 系統難以適用於建築工程營建管理。另外，建築工程營建資料管理的最大難題在於難以即時取得各種不同需求管理所需的基礎數據，隨著建築資訊建模 (BIM)技術的成熟，可藉由 BIM 取得主要工程項目管理所需的即時基礎數據。另外，BIM 可以幫助進行複雜的建築性能分析，以確保優化且可持續的建築設計[7]。但是傳統 ERP 系統難以與 BIM 模型整合串接，也因此無法有效率及精準的執行預算管理、材料管理、設備管理、空間管理、採購管理及會計管理。

BIM 模型除可提供 3D 可視化的視覺效果，協助溝通設計內容、施工流程及預測可能的施工障礙，也可提供相當豐富的工程數量等基本資訊，此部分對於建築工程營建資料管理系統的即時資料收集攸關重要，但是 BIM 模型並未包含任何施工順序相關資訊，也無法提供施工過程中所需資源分配、時程規劃及資料管理等所需之全部資訊，而這些資訊為施工階段的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、及

估驗計價管理所需的重要資訊。

建築行業可以透過整合處理的企業資源規劃（ERP）系統獲得令人難以置信的效益，該系統管理整個後台辦公自動化及建築資訊建模（BIM）系統，促使建築管理流程自動化。ERP 系統可以整合許多工作流程以簡化操作[8]。藉由整合不同系統，ERP 系統可以整合整個組織的所有操作，並提供做出業務決策所需的資訊。BIM 可以幫助進行複雜的建築性能分析，以確保優化且可持續的建築設計[7]。但是，ERP 及 BIM 是兩個獨立的不同管理系統。

本計畫研擬一建築工程 ERP 系統架構及研發一離型系統，並整合 BIM、工作分解結構系統[1]及資源分配及時程規劃系統[2]，成一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構，及研發一整合型的離型系統。

第二節 研究範圍

本計畫研擬一建築工程 ERP 系統架構及研發一離型系統，並整合 BIM、工作分解結構系統[1]及資源分配及時程規劃系統[2]，成一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構，及研發一整合型的離型系統。

第三節 研究流程

本研究擬蒐集及探討分析國內外包含建築工程施工階段所需管理項目及範圍、BIM 及 ERP 系統等相關文獻及商用軟體，並據以研擬一建築工程 ERP 系統架構及研發一離型系統，並整合 BIM、工作分解結構系統及資源分配及時程規劃系統，成一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構，及研發一整合型的離型系統，供國內後續發展相關系統參考。

研究流程詳列如下：

- 蒐集國內外相關文獻及商用軟體
- 探討分析國內外相關文獻及商用軟體
- 研擬一建築工程 ERP 系統架構
- 研發一建築工程 ERP 系統之離型系統

- 整合「工作分解結構系統」及「建築工程 ERP 系統」成一「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」
- 研擬一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統之整合型系統架構
- 研發一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統之整合型離型系統
- 案例驗證

第二章 文獻回顧

第一節 BIM 相關應用文獻回顧

在近期營建管理的發展上，3D-CAD(3 Dimension-Computer Aided Design)電腦模式在營建管理的設計階段提供革命性的進展，讓設計者能有如身歷其境般檢視修改其龐大複雜的設計內容，也能以此電腦模式輕易與一般無建築概念的人溝通設計內容；其後，Koo and Fischer (2000)研究指出 4D-CAD 電腦模式(3D 的模式與時間結合之特性)較傳統的桿狀圖(Bar chart)更能幫助專案團隊定義問題。在規劃設計階段，4D-CAD 可幫助使用者清楚的了解施工流程及發現可能遭遇之問題；在施工階段，4D-CAD 可幫助使用者管控施工進度。然而，4D-CAD 只能模擬營建過程的影像變化，使用者無法掌握每一工項背後所隱含的資訊（如施作物件的尺寸、材料；所需物料、人員、機具、空間及起迄時間等），也因此無法幫助使用者做精確的分析及管理。

建築資訊建模 BIM (Building Information Modeling)應用領域含括資訊技術、建築及營建等範疇，故被視為營建管理應用中劃時代的改變。BIM 既可提供相當豐富的工程數量等基本資訊，也可提供 3D 可視化的視覺效果，協助溝通設計內容、施工流程及預測可能的施工障礙，並使建築過程更加透明，建築工程和製造過程之間的透明度使得短期規劃更加準確，從而縮短了施工過程，減少了延誤並降低了對材料緩衝的需求，其他作者也認可了類似的結果[7]。尤其在預鑄工法的應用上，BIM 使預鑄過程的規劃及施作，在建築工程執行眾多工項的環境下更顯出效益。BIM 是未來發展智慧城市的基礎建設，且是國際間營建產業發展趨勢。未來 10 到 20 年，國內建築將有一波重建潮，加上少子化及外勞減少可能造成營建缺工的課題，更需要從現在開始積極推動 BIM。然而，BIM 無法提供施工過程中所需資源分配、時程規劃及資料管理等所需之全部資訊。

在本研究中，BIM 被置於整合型系統的中心位置，反映了 ERP 系統中的施工現場活動，因此有助於建立與設計相關的財務決策。

第二節 企業資源規劃 ERP 文獻回顧

ERP 系統已廣泛應用於製造業等行業，因為它們為公司提供了一個平台，用於接收訂單、採購零件、管理生產以及控制庫存、財務及分銷。ERP 系統於供應鏈流程中，可以有效地協助

製造公司接受產品訂單，並於 ERP 中使用該產品的物料清單來產出製造產品所需的材料。

全球最大的 ERP 供應商包括 SAP，Oracle，PeopleSoft 和 J. D. Edwards。SAP R/3 是世界上最受歡迎的系統[9、10]。ERP 系統為製造業帶來了成功[11]。一些早期採用者報告說，在安裝這些系統後一年內，淨投資回報率在 30%到 300%之間。Oracle 每年從實施的 ERP 系統中節省 10 億美元(Report 2000, <http://www.oracle.com>)。

ERP 這種供應鏈流程適用於許多製造公司，甚至還可配合製造商不同需求提供不同產品配置功能。但是在建築工程施作過程，工作範圍經常有數百種變化，包括從重大設計變更（如擴建停車場）到簡單的變更（如分包商需要使用的替代材料）都經常發生，建築工程施作過程與訂購產品過程截然不同，建築工程施作過程無法使用單純的產品訂單結構處理，它的重點是估算和控制工項的工作範圍。

不同於一般製造業需要一個著重物料需求管理的 ERP 系統，建築工程需要一個以工項及資源為中心的 ERP 系統，並且可以用於估算工作範圍、管理分包廠商，以及控制工項成本、工項施工時間及工程進度。簡而言之，建築工程與大多數 ERP 系統處理的典型「訂單到現金」流程有很大的差異。

第三節 營建工程企業資源規劃 ERP 文獻回顧

承包商擁有多少資源與其生產能力息息相關。一般而言，承包商可以獲得兩類資源：（1）公司擁有的內部資源；（2）公司可以以公開市場上的價格取得的外部資源。承包商的目標是最大限度地利用公司的內部資源，並利用市場的外部資源來維持公司的營運及爭取最大獲利。因為建築工程本質上是瞬息萬變的，涉及施工時間長短不一的不同工項，並且不同工項需要不同的資源，通常很難在建築工程的生產能力和現有的實際工作量之間取得平衡。在實務中，承包商利用各種方法來調整其營運方式以維持公司的正常營運及爭取最大獲利。例如，當公司沒有足夠的工作時，它可能會出租部分自有設備，並可能在競標新工程上降低價格。另一方面，承包商也可以租用外部設備、招聘人員或要求其員工加班。做這種決策前通常需先取得整個公司內部資源及市場上外部資源的完整訊息，並綜合整理分析。否則，公司很難確認已找到充分利用其擁有的內部資源及市場上可用的外部資源來滿足其業務目標的最佳方式。為此，發展一適合建築工程本質的企業資源規劃(ERP)系統實有其必要性。

第四節 建築工程 ERP 系統功能需求

為了方便建築業內各種用戶接受和使用該系統，適合建築工程本質的企業資源規劃(ERP)系統應該具備以下功能：

- 工程導向：建築業務圍繞工程運營。每個工程都是最終交付的產品，預計將在預算範圍內按時完成。簽訂合同後，交付產品的價格通常是固定的，工程的利潤完全由成本決定，成本隨後由現場運營的效率決定。建築工程 ERP 系統應該能夠管理正在進行的工程，能夠報告和預測進度狀態，成本狀態，盈利能力以及潛在問題，例如落後於計劃和超出成本，以便在問題發生之前採取適當的措施。此外，工程的利潤和進度會影響企業的整體績效。工程進度訊息必須及時、定期匯總並報告給公司管理階層，以反映公司在融資需求、現金流量、採購、設備及人力資源方面的總體狀況。如果工程之間存在衝突（例如，對同一資源的競爭），企業管理階層必須依企業最大的整體利益來做出決策，此功能不同於製造商的 ERP 系統。

- 整合：為 ERP 及建築工程提供一個整合的管理平台，透過共同的用戶界面使得該管理平台更加方便有效率。典型的建設公司管理系統應具備以下幾個重要的基本管理功能：預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、及估驗計價管理。這些管理功能的資料相互依存及交流，為正在進行的工程和標得的新工程做出決策。為實現高效率和自動化，這些不同管理功能的資料應連接至一個整合系統中，整合系統必須能在統整所有資料後，再篩選分析出不同管理功能所需的不同資料。

- 估算：估算應著重於分解及分析工作範圍，包括在分包，設備租賃，現場，工程管理及工程勞動力和材料等勞動力方面可能需要的內容。

- 銷售管理：傳統 ERP 訂單管理可能擅長接受庫存產品訂單，執行一些產品配置以及追蹤銷售訂單歷史記錄等，但這對建築工程沒有太大作用，其中真正的挑戰是管理不斷變化的工作範圍及複雜的資源。銷售管理的根本挑戰是整合及管理工程中的每一個變化，對於一些大型工程，這可能涉及數百個變更和更大的變化。

- 估驗計價：另一個獨特的建築行業特點是衡量支付金額的方式，或者通常稱之為「估驗計價」的方式。這些「估驗計價」通常按月累計完成，並作為獲得付款或支付分包商的基礎。通常，這些估驗計價金額是透過計算工項完成數量或資源採購數量來衡量的。然後，經由填報估驗計價單後提出估驗計價申請，該過程還涉及管理保留款及罰款等。這個過程無法在一般的 ERP 系統中處理，也無法使用銷售訂單處理模式進行處理。

- 分包、聘僱、採購及租賃管理：銷售管理的反面是轉包，前面提到的所有複雜性也適用於分包流程。從本質上講，得標建設公司確定工程範圍後，評估其投標總標價前，須先評估分包的成本。與一般製造業的 ERP 系統不同，建築行業的 ERP 系統必須具備分包管理能力。另一個關鍵領域是管理資源（人力、設備及材料）的聘僱、採購或租賃。

- 工程成本控制：一旦建設公司得標，公司能否對工程正在進行中的所有活動施加成本控制至關重要，這遠遠超出了一般 ERP 系統的財務處理模式所能做的，因為它涉及的領域包括分包商成本及里程碑付款、設備租賃成本，以及工程內部及外部資源的分配。工程成本控制功能必須能夠為整個工程設定預算、即時報告及分析、追蹤預算花費的內容，並反映工程成本預測。如果建設公司要控制成本及利潤，那麼 ERP 系統能定期預測工程結果是一項關鍵功能。大部分公司於此過程通常使用許多 Microsoft®Excel®電子表格完成，因此能找到可應用於工程成本控制管理的 ERP 系統是一項巨大的優勢。

- 與 BIM 及工程管理工具的互操作性：建設公司應該擁有一個能與 BIM 及工程管理工具資訊自動化交換的 ERP 平台，以便資訊能快速準確的傳輸、彙整及計算分析，因此建築工程的 ERP 系統須預先構建與這些工具的連結界面。

- 資源分配技術：承包商擁有各種資源，如設備和工作人員。承包商可能沒有足夠的或額外的資源來滿足其正在進行工程的需求。為正在進行的工程分配可用資源是重要業務決策，以便最大限度地發揮公司的整體業務目標。資源分配技術應提供量化工具，以協助管理階層做出此類資源分配決策。承包商通常希望最大限度地利用其所有的資源，但各資源的利用除了與工項種類、同一時間的最多可用資源數量、工項施工順序及時間等因素連動影響，部分資源可能須相互搭配執行施工現場操作業務（例如：起重機須搭配起重機駕駛員），在研究資源分配技術時，必須考慮這些因素。

第五節 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統效益

前節所述功能對於建設公司至關重要，其目的是應用程序的整合方法讓建築工程管理流程順暢。雖然公司可以使用各別單獨功能的管理系統管理建築工程，例如使用單獨功能的工程成本控制電子表格做工程成本控制，但這方式將造成整合障礙，建築工程管理流程可能會因資料不充足而無法順利完成，或者資料可能會在不同系統切換間的人工輸入中輸入錯誤。

對於應用整合方法整合 ERP 及工程管理的建築工程 ERP 系統而言，所有管理功能皆在資

訊自動化交換的 ERP 平台上完成，可確保建築工程管理流程順暢及避免資料在不同系統切換間的人工輸入中輸入錯誤。

建築資訊建模 BIM 應用領域含括資訊技術、建築及營建等範疇，故被視為營建管理應用中劃時代的改變。應用 BIM 於建築工程 ERP 系統的主要預期效益包括 BIM 資訊共享、提高管理項目的透明度，及提高管理效率，這些效益將協助管理階層及時做出較好的業務決策，應用 BIM 於建築工程 ERP 系統的效益詳列如下：

- 資訊共享

在傳統的管理環境中，施工資訊由公司的負責辦公室維護。用戶必須跨越辦公室之間的組織障礙，以獲取屬於其他辦公室的資訊。建築工程 ERP 系統在一個資料庫中運行。一旦生成一新資訊，它就會儲存在中央資料庫中，並且提供系統中所有符合使用條件的用戶使用，資訊共享有助於保持資訊一致性並減少人為錯誤。例如，如果系統提供材料的延遲交付日期，工程經理將能夠及時發現延遲交付並評估其對工程進度的影響；又例如，工程所需的水泥數量可藉由 BIM 模型估算後，連動傳送至建築工程 ERP 系統，供採購人員執行採購程序。

- 提高管理效率

建築工程 ERP 系統藉由以下兩種方式提高管理效率：（1）及時提供一致的訊息；（2）提供協調的決策環境。做出業務決策需要及時獲得相關訊息，在傳統的管理環境中，管理階層經常面臨從不同來源獲得的不同甚至相互衝突的數字，因此為了釐清這些資訊，管理階層經常必須延後做決定。例如，如果施工團隊、財務部門及工程部門，因為他們關注不同的層面、在不同時間間隔更新工程狀態，或在更新期間沒有相互溝通，因而提供了不同的工程照片，對正在進行的工程便可能很難達成具共識的決策。在建築工程 ERP 系統中，每個資訊都有一個單一的來源，並且有一個責任方可以更新它，以便各方都擁有相同的資訊。

網路技術消除了各部門間的物理障礙，使所有部門能以協調的方式處理其所負責的任務。管理流程從一個部門運行到另一個部門，資訊從一個部門無縫地流向另一個部門。

單一 ERP 系統和 BIM 無法涵蓋的業務範圍(例如：各工項資源分配與期程分析)可以與其他系統整合，並進行額外的諮詢或開發工作。這些整合可能很昂貴，並且會受到 ERP 和整合系統的軟體升級問題的影響[12]。

先前的研究發現，ERP 與其他系統的整合有其自身的局限性，只能解決公司整個業務週期的一部分[13]，因此需要創建一個統一的架構，供整個組織能一貫的共享同樣的資料。ERP 的實施可以確保在系統內獲得訊息交換的相關資料，但是由於 ERP 和 BIM 之間的非整合架構，

兩者整合可能是一個挑戰。經驗證實，ERP 為有效的管理系統提供了許多效益，主要是在於成本降低及較佳的業務流程。

先前許多研究已經分析出在建築公司內實施 ERP 的效果[14、15、16、17]。BIM 與 ERP 系統的各個管理目的（如進度管理、估驗計價管理及成本控制）之間的整合可以保證獲得執行複雜工程所需的即時訊息。

第三章 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統之架構及策略

第一節 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構

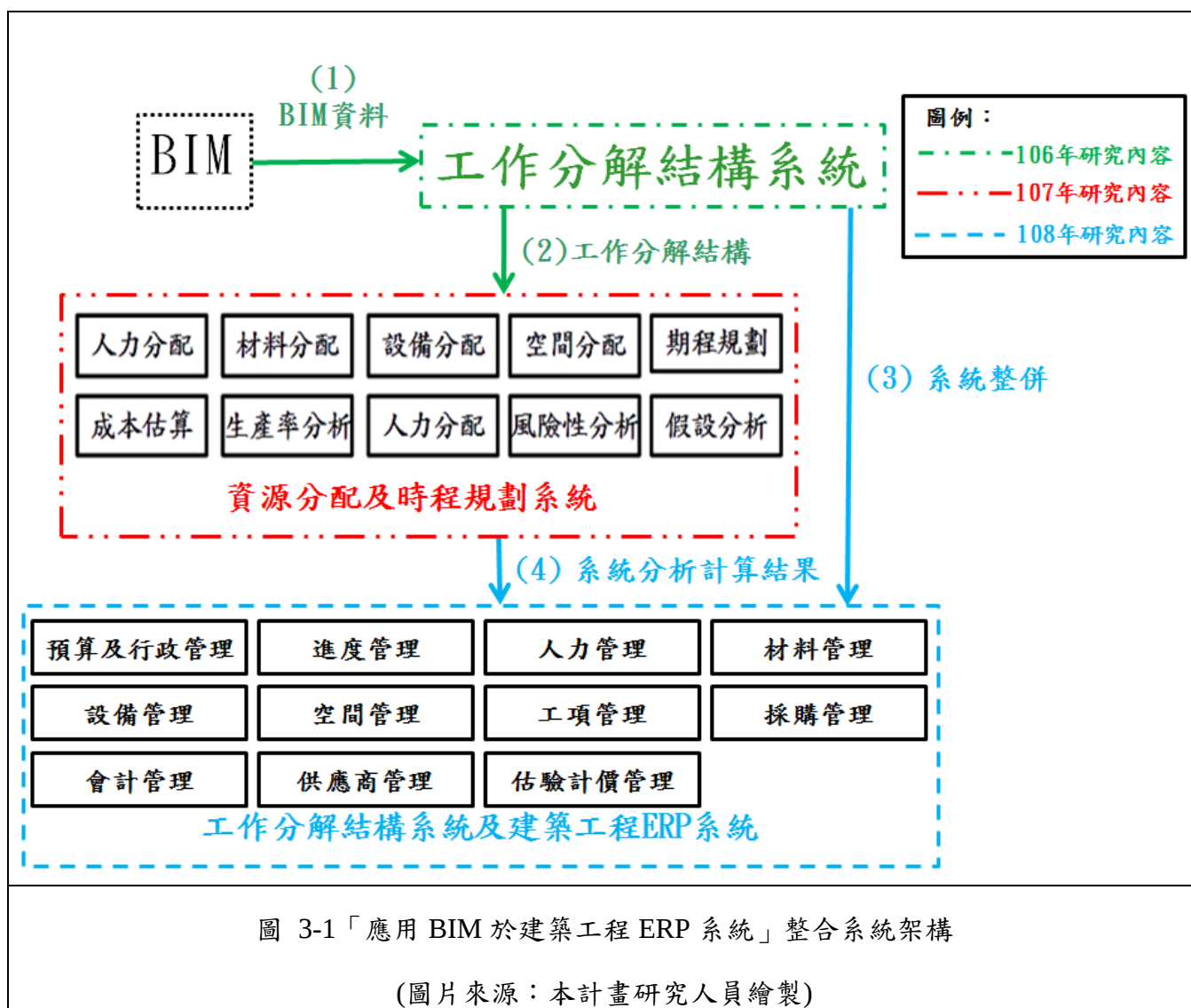
基於本報告第二章建築工程 ERP 系統功能需求及應用 BIM 於建築工程 ERP 系統效益，本章節研提一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統之整合系統架構，此架構涵蓋四個主要系統或軟體：(1) BIM 建模軟體；(2) 工作分解結構及建築工程 ERP 系統；(3) 資源分配及時程規劃系統；(4) 建築工程 ERP 系統。此架構主要執行步驟如下：(1) 自 BIM 模型獲取 BIM 非幾何資訊；(2) 於「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」依工項彙整出各工項數量及空間等基本運算資料；(3) 於「資源分配及時程規劃系統」自行設定工程目標及工程限制條件，透過系統自動發展出近乎最佳的資源分配、時程規劃及營建管理計劃；(4) 「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」匯入「資源分配及時程規劃系統」分析結果及輸入工程基本資料後，自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能，詳如圖 3-1，並簡述如下：

1. BIM 建模軟體

於 BIM 建模軟體製作的 BIM 模型，本身即擁有模型元件及其他基本資料(例如：元件代號、種類、面積、體積、材料、空間面積.....等)，所以 BIM 模型在此架構中的角色即為模型元件資料中心。Revit 為目前市面上 BIM 主流軟體之一，本研究計畫採用 Autodesk Revit 為 BIM 建模軟體，並研擬二不同方式匯出 BIM 模型資料，方式一為自 Cobie 格式檔案匯出 BIM 模型資料，方式二為自 Excel 格式檔案匯出 BIM 模型明細表資料。

2. 工作分解結構及建築工程 ERP 系統

BIM 模型本身即擁有模型元件各項基本資料，但是這些元件各項基本資料無法直接對應到各工項，必須經由「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」[1]彙整出各工項數量、空間等基本運算資料，始可供「資源分配及時程規劃系統」[2]計算分析。因「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」可系統化自 BIM 模型匯入模型元件各項基本資料，彙整各工項數量、空間等基本運算資料，並匯出資料至「資源分配及時程規劃系統」，建築工程管理人員藉由「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」，可非常有效率收集、彙整及傳輸大量雜亂的 BIM 模型元件基本資料，供「資源分配及時程規劃系統」計算分析。另外，部分工程項目(例如，假設工程、須分梯次完成的工項及進料堆放等工程項目)在 BIM 模型裡沒有相對應的(單一)BIM 元件，也將無法自 BIM 模型輸出(單一)相關資料，這類工程項目將納入另一輔助資料表，手動輸入補充資料。



3. 資源分配及時程規劃系統

因 BIM 模型本身並未包含任何施工順序相關資訊，所以需要一工項時程規劃系統提供工項排程功能。傳統工項時程規劃系統決定各工項所需時間時常靠經驗或過往工程資料估計，然而每個工程都有其不同的工程條件(例如：工班數量、機具數量、材料數量、施工範圍、受限不同施工環境之不同施工效率等) 及不同最佳化目標(例如：最短施工時間、最低施工成本、有施工時間限制之最低施工成本等)，經驗或過往工程資料無法保證能適用於新的工程。

另外，傳統資源最佳化技術主要包括數學方法和啟發式方法。然而，數學模型由於公式複雜可能導致求得局部最佳解[3,4]。啟發式模型則是在不同情況下具有不同的有效性，因此無法適用於所有的工程案例。此外，使用者也無法針對給定的工程案例事先知道適用於何種啟發式模型。所以，啟發式模型無法保證獲得最佳解。啟發式模型不一致的解決方案已經導致商用工程管理軟體於資源調度功能間巨大分歧[5]。

「資源分配及時程規劃系統」之各工項所需時間，並非如傳統靠經驗或既有資料判斷訂定，而是在不同的工程條件及不同最佳化目標下，經由數值模擬分析各工項數量及可能之工班組合生產率計算而得，各工項數量是經由 BIM 模型匯出元件基本資料至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」，再由「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」彙整出各工項數量供「資源分配及時程規劃系統」計算分析。

「資源分配及時程規劃系統」應用數值模擬分析技術，針對建築工程設計一數學邏輯模型，在電腦上對該模型進行工程模擬分析，並依據各工程不同的工程條件及不同最佳化目標，計算分析出各工項較佳資源分配及時程規劃。數值模擬分析技術不僅可突破傳統資源分配及時程規劃技術的使用限制(例如:無法設定工程條件及最佳化目標、工項施工時間僅能靠經驗或過往工程資料估計等)，也可避免求得局部最佳解。

此外，使用者可應用「資源分配及時程規劃系統」依不同假設狀況(例如:工程提早 1 星期完工須增加多少工程成本)做假設分析，並配合工地突發狀況(例如：變更設計、材料運送延誤等)自動調整各工項資源分配及時程規劃，讓工程管理人員可立即依據調整後資料採取修正措施，並減輕對正在進行工程的潛在損害。

4. 建築工程 ERP 系統

建築工程營建管理中最基本，但也是最耗時及易產生人為錯誤的部分就是各類資料的輸入，及因應上述各種不同管理需求及不同形式的資料轉換、計算及報告輸出，故須一合適的建築工程營建資料管理系統。

ERP(Enterprise Resource Planning，企業資源規劃管理)系統整合企業內部財務會計、製造、進銷存等資訊流，並透過系統設定的商業邏輯判斷計算產出管理資訊，提供給管理階層做正確即時的管理情報分析。傳統 ERP 系統著重在持續規律運作的材料進貨、生產製造、銷貨數量、庫存數量管理的層面，與建築工程營建管理涉及進度、工項及資源管理範圍，並以預定進度成本收入來作為實際進度成本收入管理基礎，及同一資源於不同進度隸屬於不同工項的產業特性不同，故傳統 ERP 系統難以適用於建築工程營建管理。另外，建築工程營建資料管理的最大難題在於難以即時取得各種不同需求管理所需的基礎數據，隨著建築資訊建模 (BIM)技術的成熟，可藉由 BIM 取得主要工程項目管理所需的即時基礎數據。另外，BIM 可以幫助進行複雜的建築性能分析，以確保優化且可持續的建築設計[6]。但是傳統 ERP 系統難以與 BIM 模型整合串接，也因此無法有效率及精準的執行預算管理、材料管理、設備管理、空間管理、採購管理及會計管理。

BIM 模型除可提供 3D 可視化的視覺效果，協助溝通設計內容、施工流程及預測可能的施

工障礙，也可提供相當豐富的工程數量等基本資訊，此部分對於建築工程營建資料管理系統的即時資料收集攸關重要，但是 BIM 模型並未包含任何施工順序相關資訊，也無法提供施工過程中所需資源分配、時程規劃及資料管理等所需之全部資訊。

本計畫研擬之「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」匯入「資源分配及時程規劃系統」分析結果及輸入工程基本資料後，自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能，並自動產製相關報告。

5. 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統

綜合前面提到的所有目標，本計畫最終目標是結合前面提到的「BIM 建模軟體」、「工作分解結構系統」、「資源分配及時程規劃系統」，及「建築工程 ERP 系統」，開發一個「應用 BIM 於建築工程 ERP 系統」的智慧化整合系統，協助施工階段管理階層，藉由「工作分解結構系統」有效率的自 BIM 模型收集及彙整各工項數量、空間等基本運算資料，應用「資源分配及時程規劃系統」計算分析出各工項較佳資源分配及時程規劃，並藉由「建築工程 ERP 系統」自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能，並自動產製相關報告。另外，為了減少系統間傳輸介面的數量，提高系統運作效能，本計畫將「工作分解結構系統」及「建築工程 ERP 系統」合併為一「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」。

在構建 BIM 模型及輔助資料表後，施工階段管理階層可以使用「應用 BIM 於建築工程 ERP 系統」的整合和自動化環境、「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」及「資源分配及時程規劃系統」自動發展出近乎最佳的資源分配、時程規劃及營建管理計畫，並執行風險性分析。倘若，使用者覺得部分資源分配、時程規劃或營建管理計畫須依現況或突發狀況（例如：變更設計、材料延遲交付等）修改，也可手動將該部分資料設定為定值，再重新執行計算分析步驟，直至分析結果符合現況或突發狀況。此架構能幫助管理人員預測未來任何時段的工程執行率，並提供突發狀況對工程造成衝擊影響完整預測資料。一旦 BIM 模型設計、工程資源、工程目標或工程限制條件發生變化，工程管理人員也將即時獲得包含資源分配、時程規劃及營建管理等相關更新資料。因此，管理者可以在突發狀況發生後立即採取修正措施，並減輕對正在進行工程的潛在損害。接著，使用者可以直接將「資源分配及時程規劃系統」分析出的資源分配及時程規劃等資料匯至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理，並自動產製相關報告。

此架構藉由 BIM 及整合方法 (Integrated Approach) 提供 BIM、資源分配、時程規劃及營建管理等不同功能需求一高效率整合應用，並具有減少人為錯誤、提高資料傳輸效率、與其他系統互通性、系統可重複應用性、靈活性和高效率等優點。

第二節 應用 BIM 於建築工程 ERP 系統執行策略

「應用 BIM 於建築工程 ERP 系統」執行策略可歸納為下列主要執行步驟：

步驟一：創建 BIM 模型

本研究計畫採用 Autodesk Revit 為 BIM 建模軟體，並研擬二不同方式匯出 BIM 模型資料，方式一為自 Cobie 格式檔案匯出 BIM 模型資料，方式二為自 Excel 格式檔案匯出 BIM 模型明細表資料。

步驟二：產製 BIM 模型元件及其他基本資料

BIM 技術及其他自動化技術的進步為建築材料管理的改進提供了很好的機會。目前，BIM 廣泛用於工程中的設計。隨著這些 BIM 技術的發展，BIM 模型能夠產出模型元件及其他基本資料(例如：元件代號、種類、面積、體積、材料、空間面積……等)，這些資料經過彙整後即能產製大部分的施工材料數量需求，從而減省了許多手動材料數量計算的步驟。

步驟三：彙整 BIM 模型元件與其他基本資料及輔助資料表產製工項數量

由於步驟二產製的 BIM 模型元件及其他基本資料無法直接對應到各工項，故必須於此步驟，經由「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」彙整出各工項數量、空間等基本運算資料，始可供「資源分配及時程規劃系統」計算分析。因「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」可系統化自 BIM 模型匯入模型元件各項基本資料，彙整各工項數量、空間等基本運算資料，並匯出資料至「資源分配及時程規劃系統」，建築工程管理人員藉由「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」，可非常有效率收集、彙整及傳輸大量雜亂的 BIM 模型元件基本資料，供「資源分配及時程規劃系統」計算分析。另外，部分工程項目(例如，假設工程、須分梯次完成的工項及進料堆放等工程項目)在 BIM 模型裡沒有相對應的(單一)BIM 元件，也將無法自 BIM 模型輸出(單一)

相關資料，這類工程項目將納入另一輔助資料表，手動輸入補充資料。

筆者於「應用 BIM 於建築工程之資源分配及時程規劃策略研究」研訂二種不同方式的細部執行策略供讀者參考，各方式的主要執行步驟詳述如下：

1. 方式一：自 Cobie 格式檔案匯出 BIM 模型資料

1.1 BIM 模型匯出 IFC 格式檔案

Revit 為目前市面上 BIM 主流軟體之一，本研究計畫採用 Autodesk Revit 為 BIM 建模軟體，並於下一章節以一 12 層樓學生宿舍為實作案例說明。Revit 匯出 BIM 模型 IFC 格式檔案，可以 Revit 既有「匯出 IFC 檔案」功能操作。

1.2 BIM 模型 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案

Revit 匯出 COBie 格式檔案方式有二，第一種方式為使用 Revit 增益集「COBie Extension」直接匯出 COBie 格式檔案，第二種方式為使用第三方軟體將上述 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案。

使用 Revit 增益集「COBie Extension」直接匯出 COBie 格式檔案的優點「在於因為 COBie 專屬欄位是直接對應 COBie 所產生，所以資料可以完整的被移轉至 COBie，不易丟失」[22]，主要缺點包含：(1)「若非在建立 BIM 模型前就先導入 COBie Extension，並將其資料都填寫在 COBie 專用欄位上，COBie Extension 所產出的 COBie 檔案會有相當多的欄位是處於空白的狀態。」；(2)「COBie Extension 並非開放式的資源，只有原開發商能對程式進行變更設定.....，使用者則是只能照著 COBie Extension 已經設定好的選項去進行設定，無法自行再修改成客製化的增益集.....因為在許多的情況中，設計團隊、營建團隊、營運團隊彼此之間是相互獨立的，不一定能在建模階段就導入 COBie Extension，因此非但不能發揮 COBie Extension 的優點，反而還會增加營運團隊重新操作 Revit 填寫資料的工作量。」[18]。

為擴大應用廣度及深度，本研究計畫方式一採用從 BIM 模型匯出 IFC 格式檔案，再使用第三方軟體 xBIM Xplorer 將上述 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案。xBIM Xplorer 為一免費開放式軟體，可供使用者用其「COBie-Export」功能匯出 COBie 格式檔案。

1.3 BIM 模型 COBie 格式檔案資料依工作分解結構重新整合

BIM 模型 COBie 格式檔案資料是從 BIM 模型直接或間接匯出，而 BIM 模型是設計者或模型建置者依其個人角度建置，並未依施工工項做分類及重組，因此 BIM 模型 COBie 格式檔案資料無法直接對應到各工項，本研究計畫研發「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解

結構功能，將 BIM 模型 COBie 格式檔案資料依施工工項做分類及重組，以利後續「資源分配及時程規劃系統」計算分析。

2. 方式二：自 Excel 格式檔案匯出 BIM 模型明細表資料

Revit 於使用者建立所需明細表後，可以 Revit 既有「匯出明細表」功能操作，匯出 BIM 模型明細表資料，本研究計畫介紹如何存成 Excel 格式檔案，並應用「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能，將該 Excel 格式檔案資料依工作分解結構重新整合。

步驟四：於「資源分配及時程規劃系統」建構各工項網絡關係

各施工工項施工順序關係定義為各工項在工項網絡模型中的連接邏輯關係，本步驟係於「資源分配及時程規劃系統」建構各工項網絡關係，細部步驟如下：

- 先設定在整個工程中可以使用的人力、設備、材料及空間類型。然後，建構各工項網絡關係，並設定各工項所需資源類型。
- 從 BIM 模型輸入或手動輸入各工項所對應人力、設備及材料的工程數量；設定各工項中各資源的平均生產率及資源間的數量關係限制；設定每天可用資源與空間的最大數量及資源的平均單位成本；設定工程目標（如：最低工程成本、最短工期等）及工程限制條件（如：工程完成期限、每天可使用的資源數量限制等）。

步驟五：將步驟三產製的工項數量匯入「資源分配及時程規劃系統」

本步驟係將步驟三產製的工項數量匯入「資源分配及時程規劃系統」，不同工項數量需要不同的空間屬性(例如：座標、面積、周長、長度和寬度等)。為了減少此過程中的人為錯誤，本計畫使用動態數據交換 (Dynamic Data Exchange, DDE) 技術，在「應用 BIM 於建築工程 ERP 系統」中構建「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」與「資源分配及時程規劃系統」之間的橋樑，使「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」產製的工項數量可自動匯入「資源分配及時程規劃系統」。

步驟六：於「資源分配及時程規劃系統」設定可用資源、空間、資源生產率及單位成本

「資源分配及時程規劃系統」允許使用者為整個工程指定可用資源（人力、材料及設備）

及空間，及為每個工項設定所需資源的資源生產率及單位成本。「資源分配及時程規劃系統」也提供使用者設定概率分佈函數（常數或隨機）的選擇，方便使用者能夠對工期、工程成本等進行風險性分析。

步驟七：於「資源分配及時程規劃系統」執行模擬分析

「資源分配及時程規劃系統」執行模擬分析之細部步驟（僅細部步驟 1、2 及 11 由使用者手動設定，其餘皆由系統自動分析計算）詳列如下：

細部步驟 1：使用者設定模擬分析次數

細部步驟 2：使用者設定每個工項執行的優先程度。若無特殊考量，可以設定最小值為 1，最大值為總工項數目的均勻分佈。

細部步驟 3：系統依據每個工項於細部步驟 2 所設定的優先程度分配人力、設備及空間。

細部步驟 4：系統根據細部步驟 3 所分配的人力、設備及空間計算各工項所需時間、各工項時程及整個工程所需時間。

細部步驟 5：綜整細部步驟 4 之結果，檢查每天各類型資源所分配的總數目是否超過該類型資源每天可用的最大數量，並確認各工項各資源間的數量關係沒有違反原先所設定的限制條件。

細部步驟 6：計算每個工項所需各種材料數量。

細部步驟 7：計算各工項成本及整個工程成本。

細部步驟 8：產生及儲存各次模擬分析相關資料，包括：各工項及整個工程所需時間、各工項及整個工程所需成本、整個工程所需成本現值、所需材料數量、各工項所需各種資源數量、各資源在各工項的預計生產率等。

細部步驟 9：根據步驟四所設定工程目標，比較新的模擬分析結果是否優於先前的模擬分析結果，以較優者為新的最優者。

細部步驟 10：重複細部步驟 2 到細部步驟 10，直至完成步驟 1 所設定模擬分析次數。

細部步驟 11：設定針對風險性分析的模擬分析次數。

細部步驟 12：將各資源生產率及資源單位成本設定為機率密度函數。

細部步驟 13：將各資源數量設定為常數，其值等於「執行模擬分析」階段所獲得的最佳結果。

細部步驟 16：產生所需工程時間及所需工程成本等的機率分配圖及累積分配圖。

步驟八：分析「資源分配及時程規劃系統」計算分析結果

執行數值模擬後，使用者應檢查整個工程中每個資源和每個施工空間區域的使用百分率(圖 3-14)。如果某些資源的最大使用百分率較低，則可能意味著可以使用較少的這些資源來達到相同的工程施工時間。如果某些施工空間區域的最大使用百分率較低，而其他某些施工空間區域的最大使用百分率較高，則使用者應考慮調整這些施工空間區域的區域範圍，即可能縮短工程施工時間。最後，使用者應檢查工程施工時間、工程成本及工程成本現值的隨機風險分析結果。如果計算所得的工程施工時間具有高風險，則承包商可能需要考慮增加具有高最大資源使用率的資源數量，然後依此程序一直重複執行數值模擬分析過程，直到風險降到可接受的範圍。如果計算所得的工程成本或成本淨現值具有高風險，那麼承包商可能需要提高其工程報價。

步驟九：「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」匯入「資源分配及時程規劃系統」計算分析結果，執行不同管理功能，並自動產製相關報告

「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」匯入「資源分配及時程規劃系統」分析結果及輸入工程基本資料後，自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能，並自動產製相關報告。

第四章 實作驗證

「應用 BIM 於建築工程 ERP 系統」運作流程包括，BIM 模型元件及其他基本資料(例如：元件代號、種類、面積、體積、材料、空間面積.....等)須經過「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能彙整後，才可與「資源分配及時程規劃系統」各工項相關參數連結，並做後續模擬分析計算，並藉由「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能，並自動產製相關報告。另外，Revit 為目前市面上 BIM 主流軟體之一，本實作驗證採用 Autodesk Revit 為 BIM 建模軟體，並研擬二不同方式匯出 BIM 模型資料，方式一為自 Cobie 格式檔案匯出 BIM 模型資料，方式二為自 Excel 格式檔案匯出 BIM 模型明細表資料。「應用 BIM 於建築工程 ERP 系統」運作流程以一宿舍大樓為案例進行操作。

第一節 工作分解結構功能方式一操作方法說明

「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能以方式一(自 Cobie 格式檔案匯出 BIM 模型資料)匯出及重新整合 BIM 模型資料，供後續「資源分配及時程規劃系統」計算分析流程之案例操作包含下列步驟：

- 自宿舍大樓 BIM 模型匯出 IFC 格式檔案
- BIM 模型 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案
- 研發「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能
- BIM 模型 COBie 格式檔案資料依工作分解結構重新整合

第二節 工作分解結構功能方式一之案例操作步驟

- 步驟一：自宿舍大樓 BIM 模型匯出 IFC 格式檔案

以 Autodesk Revit 開啟宿舍大樓 BIM 模型，點選 Revit 操作介面左上角「R」圖示後，點選「匯出」選項內的「IFC」次選項，即可匯出 BIM 模型 IFC 格式檔案，如圖 4-1 所示。

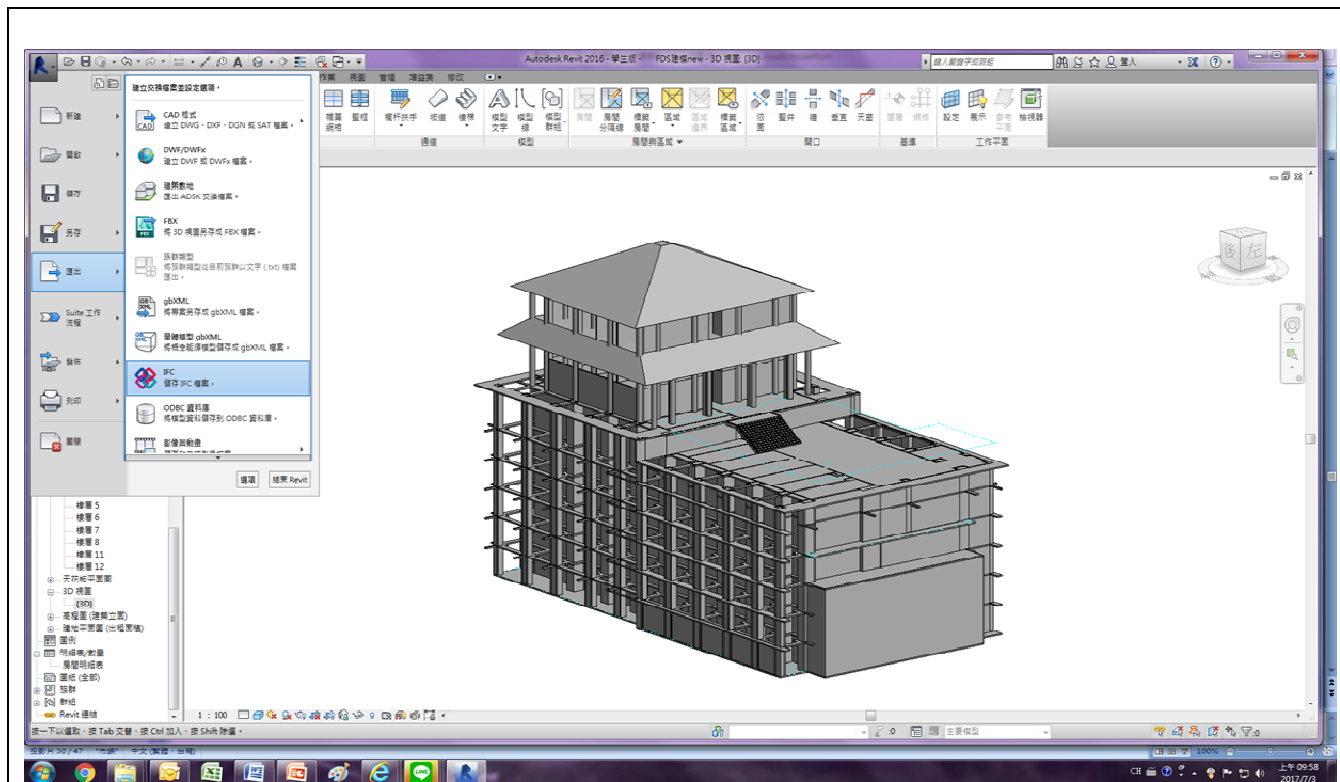


圖 4-1 自宿舍大樓 BIM 模型匯出 IFC 格式檔案

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

- 步驟二：BIM 模型 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案

下載安裝第三方免費開放式軟體 xBIM Xplorer 後，在 xBIM Xplorer 操作介面功能表中點選「Model」選項並載入步驟一匯出之 IFC 格式檔案，再點選「COBie」選項內的「Export」次選項(如圖 4-2 所示)，即可將 BIM 模型 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案，如圖 4-3 所示。

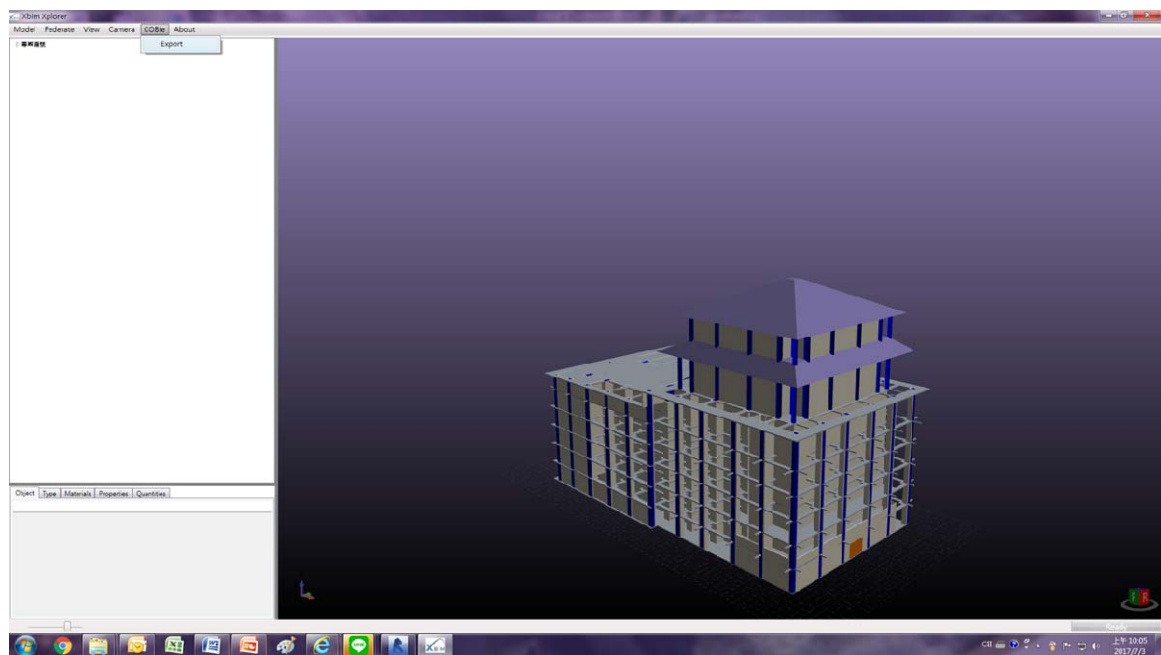


圖 4-2 使用 xBIM Xplorer 將 BIM 模型 IFC 格式檔案轉成 COBie 格式檔案

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Microsoft Excel - tmpF33D_COBIE_20170711全部樓層.xls

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Title	COBie							
2	Version	2							
3	Release	4							
4	Status	IFC2x3							
5	Region	en-UK							
6	Purpose	From	Till	Count	Ratio	Key	This spreadsheet supports the exchange of building, system and product information through the life of the project.		
7	Outline	1900-01-00T00:00:00	2017-07-03T01:12:56	4934	28.38	Additional Information per Object	Individual worksheets are organized by project phase as shown below		
8									
9	All Phases	Sheet	From	Till	Count	Ratio	Key	Contents	
10		Contact	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	1	0.01	Contacts per Object	People and Companies	
11									
12	Early Design Worksheets	Sheet	From	Till	Count	Ratio	Key	Contents	
13		Facility	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	1			Vertical levels and exterior areas	
14		Floor	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	10	10.00	Floors per Facility	Vertical levels and exterior areas	
15		Space	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	115	11.50	Spaces per Floor	Spaces	
16		Zone	1900-01-00T00:00:00	1900-01-00T00:00:00	0	#DIV/0!	Spaces per Zone	Sets of spaces sharing a specific attribute	
17		Type	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	18	1.33	Components per Type	Types of equipment, products, and materials	
18									
19	Detailed Design Worksheet	Sheet	From	Till	Count	Ratio	Key	Contents	
20		Component	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	24	0.21	Components per Space	Individually named or schedule items	
21		System	1900-01-00T00:00:00	1900-01-00T00:00:00	0	#DIV/0!	Components per System	Sets of components providing a service	
22		Assembly	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	6	0.04	Assemblies per Object	Constituents for Types, Components and others	
23		Connection			0	0.00	Connections per Object	Logical connections between components	
24		Impact	1900-01-00T00:00:00	1900-01-00T00:00:00	0	0.00	Impacts per Object	Economic, Environmental and Social Impacts at various stages in the life cycle	
25									
26	Construction Worksheets	Sheet	From	Till	Count	Ratio	Key	Contents	
27								Note: submittals and approvals added on Documents	
28								Note: manufacturer and model added on Type	
29								Note: serial and tag added on Component	
30									
31	Operations and Maintenance	Sheet	From	Till	Count	Ratio	Key	Contents	
32		Spare			0	0.00	Spares per Type	Onsite and replacement parts	
33		Resource			0	0.00	Resources per Type	Required materials, tools, and training	
34		Job			0	0.00	Jobs per Type	PM, Safety, and other job plans	
35								Note: warranty information added on Type	
36									
37	All Phases	Sheet	From	Till	Count	Ratio	Key	Contents	
38		Document			0	0.00	Documents per Object	All applicable document references	
39		Attribute	2017-07-03T01:12:56	2017-07-03T01:12:56	4472	26.62	Attributes per Object	Properties of referenced item	

Ready

圖 4-3 BIM 模型 COBie 格式檔案

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

- 步驟三：研發「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能

由於 BIM 模型是設計者或模型建置者依其個人角度建置，因此從 BIM 模型直接或間接匯出之 COBie 格式檔案資料無法直接對應到各工項，也無法直接被任何排程軟體所應用，本研究計畫針對此需求，以 Microsoft Access 軟體研發「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」(如圖 4-4 所示)工作分解結構功能，將 BIM 模型 COBie 格式檔案資料依施工工項做分類及重組，以利後續供「資源分配及時程規劃系統」計算分析或其他建築工程排程軟體排程利用。



- 步驟四：BIM 模型 COBie 格式檔案資料依工作分解結構重新整合

應用「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能，將宿舍大樓 BIM 模型 COBie 格式檔案資料，依施工工項做分類及重組步驟如下：

- (1) 擷取 BIM 模型 COBie 格式檔案中所需之不同頁籤(類別)資料至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」，並分別建置不同類別資料表，如圖 4-5 所示。
- (2) 自所建置之不同類別資料表擷取各工項所需資料，並調整資料欄位名稱，如圖 4-6 所示。
- (3) 建構 BIM 模型元件與工項物件(由數個元件組成)對應關係資料表，如圖 4-7 所示。

(4) 建構 BIM 模型物件與工項 (由數個物件組成)對應關係資料表，如圖 4-8 所示。

(5) 建構工項資訊資料表，如圖 4-9 所示。

(6) 依類別需求彙整出各工項所需 BIM 模型資料，以利後續供「資源分配及時程規劃系統」計算分析或其他建築工程排程軟體排程利用，如圖 4-10 所示。

Microsoft Access - [Cobie_Space_Table: Table]												
File Edit View Insert Format Records Tools Window Help												
Cobie_Space_Table	CreatedBy	CreatedOn	Category	FloorName	Description	EntSystem	EntObject	EntIdentifier	RoomTag	UsableHeight	GrossArea	NetArea
29	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	門廳	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2NK31hcQXSMw n/a		3500	31.0829	31.0829
5	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	30.455	30.455
6	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	30.345	30.345
1	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3VldQtcqHpgbQI n/a		3500	30.507	30.507
4	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	30.988	30.988
7	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	31.198	31.198
30	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	走廊	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2NK31hcQXSMw n/a		3500	108.1222	108.1222
28	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	廁所盥洗室	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2NK31hcQXSMw n/a		3500	62.18	62.18
8	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	30.8645	30.8645
27	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	樓梯間	Autodesk Revit 20	IfoSpace	08J4BFmT694FC n/a		3500	22.545	22.545
26	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	廁所	Autodesk Revit 20	IfoSpace	08J4BFmT694FC n/a		3500	54.0125	54.0125
25	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	戶外走廊	Autodesk Revit 20	IfoSpace	08J4BFmT694FC n/a		3500	112.9713	112.9713
24	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	戶外走廊	Autodesk Revit 20	IfoSpace	08J4BFmT694FC n/a		3500	178.2269	178.2269
23	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	電梯廳	Autodesk Revit 20	IfoSpace	08J4BFmT694FC n/a		3500	49.0868	49.0868
14	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	29.1345	29.1345
11	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	29.1345	29.1345
22	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	樓梯間	Autodesk Revit 20	IfoSpace	08J4BFmT694FC n/a		3500	63.6282	63.6282
101	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	網路機房	Autodesk Revit 20	IfoSpace	0MOe_cCS14VA n/a		3500	4.3753	4.3753
12	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	29.1345	29.1345
10	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	30.2013	30.2013
13	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	29.1345	29.1345
15	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	29.1345	29.1345
16	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	29.1345	29.1345
9	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	30.345	30.345
17	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	29.1345	29.1345
18	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	32.9435	32.9435
20	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	宿舍大廳	Autodesk Revit 20	IfoSpace	07uVKVuTBkgv n/a		3500	68.6701	68.6701
21	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 1	走廊	Autodesk Revit 20	IfoSpace	04KGNP1ov5t80y n/a		3500	88.2695	88.2695
51	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	廁所	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	4.7368	4.7368
49	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	樓梯間	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	29.7859	29.7859
48	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	露臺	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	6.7665	6.7665
46	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	露臺	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	56.325	56.325
43	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	樓梯間	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	24.755	24.755
41	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	走廊	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	162.7492	162.7492
50	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	電梯廳	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	7.1671	7.1671
40	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	廁所	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	24.7795	24.7795
39	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	30.43	30.43
38	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	30.2863	30.2863
31	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	30.592	30.592
36	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	30.9495	30.9495
35	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	31.283	31.283
34	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	30.43	30.43
33	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	30.54	30.54
32	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	31.073	31.073
52	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍管理室	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	20.4242	20.4242
47	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	廁所盥洗室	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500	60.6277	60.6277
37	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2BhCYNogbAQFI n/a		3500	30.43	30.43
45	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 2	走廊	Autodesk Revit 20	IfoSpace	3vDhA\$KaP4DPr n/a		3500		
63	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 3	樓梯間	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2Vgwa5dCX0Yw n/a		3500	24.725	24.725
55	User.unknown@u	7/3 上午 01:12:56	n/a	樓層 3	宿舍	Autodesk Revit 20	IfoSpace	2Vgwa5dCX0Yw n/a		3500	31.073	31.073
Record: 116 of 116												
Datsheet View												

圖 4-5 擷取 BIM 模型資料至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Microsoft Access - [Cobie_Space_Adjust_Table : Table]

File Edit View Insert Format Records Tools Window Help

	Cobie_Space_ID	Floor Name	Description	Usable Height	Net Area
	29	樓層 1	門廳	3500	31.0829
	5	樓層 1	宿舍	3500	30.455
	6	樓層 1	宿舍	3500	30.345
	1	樓層 1	宿舍	3500	30.507
	4	樓層 1	宿舍	3500	30.988
	7	樓層 1	宿舍	3500	31.198
	30	樓層 1	走廊	3500	108.1222
	28	樓層 1	廁所盥洗室	3500	62.18
	8	樓層 1	宿舍	3500	30.8645
	27	樓層 1	樓梯間	3500	22.545
	26	樓層 1	廁所	3500	54.0125
	25	樓層 1	戶外走廊	3500	112.9713
	24	樓層 1	戶外走廊	3500	178.2269
	23	樓層 1	電梯廳	3500	49.0868
	14	樓層 1	宿舍	3500	29.1345
	11	樓層 1	宿舍	3500	29.1345
	22	樓層 1	樓梯間	3500	63.6282
	101	樓層 1	網路機房	3500	4.3753
	12	樓層 1	宿舍	3500	29.1345
	10	樓層 1	宿舍	3500	30.2013
	13	樓層 1	宿舍	3500	29.1345
	15	樓層 1	宿舍	3500	29.1345
	16	樓層 1	宿舍	3500	29.1345
	9	樓層 1	宿舍	3500	30.345
	17	樓層 1	宿舍	3500	29.1345
	18	樓層 1	宿舍	3500	32.9435
	20	樓層 1	宿舍大廳	3500	68.6701
	21	樓層 1	走廊	3500	88.2695
	51	樓層 2	廁所	3500	4.7368
	49	樓層 2	樓梯間	3500	29.7859
	48	樓層 2	露臺	3500	6.7665
	46	樓層 2	露臺	3500	56.325
	43	樓層 2	樓梯間	3500	24.755
	41	樓層 2	走廊	3500	162.7492
	50	樓層 2	電梯廳	3500	7.1671
	40	樓層 2	廁所	3500	24.7795
	39	樓層 2	宿舍	3500	30.43
	38	樓層 2	宿舍	3500	30.2863
	31	樓層 2	宿舍	3500	30.592
	36	樓層 2	宿舍	3500	30.9495
	35	樓層 2	宿舍	3500	31.283
	34	樓層 2	宿舍	3500	30.43
	33	樓層 2	宿舍	3500	30.54
	32	樓層 2	宿舍	3500	31.073
	52	樓層 2	宿舍管理室	3500	20.4242
	47	樓層 2	廁所盥洗室	3500	60.6277
	37	樓層 2	宿舍	3500	30.43
	45	樓層 2	走廊	3500	
	63	樓層 3	樓梯間	3500	24.725
	55	樓層 3	宿舍	3500	31.073
	60	樓層 3	宿舍管理室	3500	20.4242

Record: 116 of 116

Datasheet View

圖 4-6 自所建置之不同類別資料表擷取各工項所需資料，並調整資料欄位名稱

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Microsoft Access - [Mapping_Space Object_Com]

File Edit View Insert Format Records Tools Win

Space Object ID	Space Component ID
61	sc55
62	sc56
63	sc57
64	sc58
65	sc59
100	so6
66	so60
67	so61
68	so62
69	so63
7	so64
70	so65
71	so66
72	so67
73	so68
77	so69
101	sc7
78	sc70
79	sc71
8	sc72
80	sc73
81	sc74
82	sc75
83	sc76
9	sc77
104	sc78
105	sc79
11	sc8
106	sc80
107	sc81
108	sc82
109	sc83
110	sc84
111	sc85
112	sc86
114	sc87
115	sc88
116	sc89
12	sc9
74	sc90
75	sc91
76	sc92
84	sc93
85	sc94
86	sc95
87	sc96
88	sc97
89	sc98
90	sc99

Record: 117 of 117

Datasheet View

圖 4-7 建構 BIM 模型元件與工項物件(由數個元件組成)對應關係資料表

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Microsoft Access - [Mapping_Space Component]

File Edit View Insert Format Records Tools Win

Space Component ID	Activity ID
sc1	29
sc10	13
sc100	91
sc101	92
sc102	93
sc103	94
sc104	95
sc105	97
sc106	98
sc107	99
sc108	117
sc109	118
sc11	14
sc110	119
sc111	120
sc112	121
sc113	122
sc114	113
sc115	123
sc116	113
sc12	15
sc13	16
sc14	17
sc15	18
sc16	20
sc17	21
sc18	22
sc19	23
sc2	5
sc20	24
sc21	25
sc22	26
sc23	27
sc24	28
sc25	30
sc26	31
sc27	32
sc28	33
sc29	34
sc3	6
sc30	35
sc31	36
sc32	37
sc33	38
sc34	39
sc35	4
sc36	40
sc37	41
sc38	43
sc39	45
...	...

Record: 117 of 117

Datasheet View

圖 4-8 建構 BIM 模型物件與工項 (由數個物件組成)對應關係資料表

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Microsoft Access - [Activity Information_Table : Table]

File Edit View Insert Format Records Tools Window Help

Activity ID	Activity Description	Start Time	Finish Time	Duration	Activity Budget Cost	% Complete
1	抽水，隨時排水，箱涵用					
10	圓形推進坑(D=2.0M,平均挖深4M)					
101	D=300MM短管推進施工費					
11	預鑄人孔(D=1.5M,平均埋深6M)					
111	夾層樓地板混凝土澆置					
12	D=400MM短管推進施工費					
121	第1層樓地板混凝土澆置					
13	圓形推進坑(D=2.0M,平均挖深6M)					
131	第2層樓地板混凝土澆置					
14	鋼筋混凝土擋土牆，平均高2M					
141	第3層樓地板混凝土澆置					
15	圓形到達坑(D=1.5M,平均挖深4M)					
151	第4層樓地板混凝土澆置					
16	圓形到達坑(D=1.5M,平均挖深6M)					
161	第5層樓地板混凝土澆置					
17	陰井					
171	第6層樓地板混凝土澆置					
18	場鑄人孔(1.3MX1.1M,平均埋深1.6M)					
181	第7層樓地板混凝土澆置					
19	工程配管箱【平均埋深1.2mM】					
20	預鑄人孔(D=1.5M,平均埋深2.5M)					
21	D=150MMPVC管連接及埋設【平均埋深1.2M】					
22	場鑄人孔(5.8MX3.6M,平均埋深9M)					
23	全套管式鑽掘混凝土基樁，D=1500mm					
24	反循環式鑽掘混凝土基樁，D=120cm，含空鑽					
25	泥漿運棄及處理					
26	路基整理					
27	餘方自行處理(含水土保持)，總重35噸卸貨車					
28	選擇材料回填，透水材料，砂，用於構造物回填					
29	開挖臨時覆蓋板及其支撐，混凝土與鋼之複合式覆蓋板					
30	構造物回填，回填及夯實					
31	瀝青混凝土鋪面，粗粒料19.0mm，AC(1)-20					
32	建築線及騎樓線界石					
33	行道樹圍石					
34	道路路面，含路基					
35	預鑄綠島綠石(L=2m,路面以上高35公分)					
36	瀝青透層，中凝油溶瀝青，MC-70					
37	植栽，支柱，原木(含防腐處理)，三支，(D=6~8cm，L=240cm)					
38	瀝青混凝土鋪面，鋪築及滾壓					
39	瀝青混凝土面層鋪築					
4	臨時擋土樁設施，鋼板樁，L=6m，(單道水平長度，未含擋土支撐系統)					
40	級配粒料底層，碎石級配					
41	人孔井【新築箱涵、埋管用】					
43	鋼筋混凝土管(B型)，D=800mm，三級管，含開挖回填					
45	植栽，換置客土，機械挖方					
46	鋼筋混凝土管(B型)，D=600mm，三級管，含開挖回填					
47	型樁植生護坡，植生基材厚度5cm					
48	排水管溝，U型溝(場鑄)，600≤H<800mm，300≤W<500mm，(含開挖、回填)					
49	排水管溝，U型溝(場鑄)，400≤H<600mm，300≤W<500mm，(含開挖、回填)					
5	房屋廢方挖除及清理，含運費					

Record: 19 of 59

Datasheet View

圖 4-9 建構工項資訊資料表

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Microsoft Access - [Activity_Space_Query: Select Query]									
File Edit View Insert Format Records Tools Window Help									
Activity ID	Activity Description	Start Time	Finish Time	Duration	Floor Name	Description	Usable Height	Total Usable Area	
1	排水，臨時排水，箱涵用				樓層 1	宿舍	3500	30.507	
10	圓形推進坑(D=2.0M,平均挖深4M)				樓層 1	宿舍	3500	30.2013	
101	D=300MM短管推進施工費				樓層 1	網路機房	3500	4.3753	
11	預鋪人孔(D=1.5M,平均埋深6M)				樓層 1	宿舍	3500	29.1345	
12	D=400MM短管推進施工費				樓層 1	宿舍	3500	29.1345	
13	圓形推進坑(D=2.0M,平均挖深6M)				樓層 1	宿舍	3500	29.1345	
14	鋼筋混凝土擋土牆，平均高2M				樓層 1	宿舍	3500	29.1345	
15	圓形到達坑(D=1.5M,平均挖深4M)				樓層 1	宿舍	3500	29.1345	
16	圓形到達坑(D=1.5M,平均挖深6M)				樓層 1	宿舍	3500	29.1345	
17	陰井				樓層 1	宿舍	3500	29.1345	
18	場鋪人孔(1.3MX1.1M,平均埋深1.6M)				樓層 1	宿舍	3500	32.9435	
20	預鋪人孔(D=1.5M,平均埋深2.5M)				樓層 1	宿舍大廳	3500	68.6701	
21	D=150MMPPVC管連接及埋設【平均埋深1.2M】				樓層 1	走廊	3500	88.2695	
22	場鋪人孔(5.8MX3.6M,平均埋深9M)				樓層 1	樓梯間	3500	63.6282	
23	全套管式鑽掘混凝土基樁，D=1500mm				樓層 1	電梯廳	3500	49.0868	
24	反循環式鑽掘混凝土基樁，D=120cm，含空鑽				樓層 1	戶外走廊	3500	178.2269	
25	泥漿瀝棄及處理				樓層 1	戶外走廊	3500	112.9713	
26	路基整理				樓層 1	廁所	3500	54.0125	
27	餘方自行處理(含水土保持)，總重35噸卸貨車				樓層 1	樓梯間	3500	22.545	
28	選擇材料回填，透水材料，砂，用於構造物回填				樓層 1	廁所盥洗室	3500	62.18	
29	開挖臨時覆蓋板及其支撐，混凝土與鋼之複合式覆蓋板				樓層 1	門廳	3500	31.0829	
30	構造物回填，回填及夯實				樓層 1	走廊	3500	108.1222	
31	瀝青混凝土鋪面，粗粒料19.0mm，AC(1)-20				樓層 2	宿舍	3500	30.592	
32	建築綠及騎樓綠界石				樓層 2	宿舍	3500	31.073	
33	行道樹圍石				樓層 2	宿舍	3500	30.54	
34	道路路面，含路基				樓層 2	宿舍	3500	30.43	
35	預鋪綠島綠石(L=2m,路面以上高35公分)				樓層 2	宿舍	3500	31.283	
36	瀝青透層，中凝油容瀝青，MC-70				樓層 2	宿舍	3500	30.9495	
37	植栽，支柱，原木(含防腐處理)，三支，(D=6~8cm，L=240cm)				樓層 2	宿舍	3500	30.43	
38	瀝青混凝土鋪面，鋪設及滾壓				樓層 2	宿舍	3500	30.2863	
39	瀝青混凝土面層鋪設				樓層 2	宿舍	3500	30.43	
4	臨時擋土樁設施，鋼板樁，L=6m，(單邊水平長度，未含擋土支撐系統)				樓層 1	宿舍	3500	30.988	
40	綠配粒料底層，碎石綠配				樓層 2	廁所	3500	24.7795	
41	人孔井【新築箱涵、埋管用】				樓層 2	走廊	3500	162.7492	
43	鋼筋混凝土管(B型)，D=800mm，三級管，含開挖回填				樓層 2	樓梯間	3500	24.755	
45	植栽，換置客土，機械挖方				樓層 2	走廊	3500		
46	鋼筋混凝土管(B型)，D=600mm，三級管，含開挖回填				樓層 2	露臺	3500	56.325	
47	型樁植生護坡，植生基材厚度5cm				樓層 2	廁所盥洗室	3500	60.6277	
48	排水管溝，U型溝(場鋪)，400≤H<800mm，300≤W<500mm，(含開挖、回填)				樓層 2	露臺	3500	6.7665	
49	排水管溝，U型溝(場鋪)，400≤H<600mm，300≤W<500mm，(含開挖、回填)				樓層 2	樓梯間	3500	29.7859	
5	房屋廠方挖除及清理，含運費				樓層 1	宿舍	3500	30.455	
50	集水井				樓層 2	電梯廳	3500	7.1671	
51	D=200MMPPVC管連接及埋設【平均埋深1.6M】				樓層 2	廁所	3500	4.7368	
52	人行道面層，鋪面磚(高壓)				樓層 2	宿舍管理室	3500	20.4242	
55	瀝青混凝土面層刨除，平均厚5.0cm，刨除機1.2m寬				樓層 3	宿舍	3500	31.073	
6	機械拆除，鋼筋混凝土，含運費				樓層 1	宿舍	3500	30.345	
63	第一類喬木樹名，米高直徑<10cm，300≤樹高<350cm				樓層 3	樓梯間	3500	24.725	
68	場鋪結構混凝土用模板，普通，(乙種，擋土牆，橋台，車行箱涵等)				樓層 3	廁所盥洗室	3500	60.6278	
7	構造物開挖，人工挖砂土，深度<2m，含裝車未含運費				樓層 1	宿舍	3500	31.198	
8	基地及路幅開挖，未含運費，(機械挖，0.7~0.79m2開挖機)				樓層 1	宿舍	3500	30.8645	

圖 4-10 依類別需求彙整出各工項所需 BIM 模型資料

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

第三節 工作分解結構功能方式二操作方法說明

本方式(自 Excel 格式檔案匯出 BIM 模型明細表資料)案例操作包含下列步驟：

- 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表
- 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案
- 研發「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能
- BIM 模型明細表 Excel 格式檔案資料依工作分解結構重新整合

第四節 工作分解結構功能方式二之案例操作步驟

- 步驟一：自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表

以 Autodesk Revit 開啟宿舍大樓 BIM 模型，自 Revit「明細表/數量」按滑鼠右鍵點選「新明細表/數量」圖示後，依後續步驟新增所需資料明細表，如圖 4-11 至 4-14 所示。

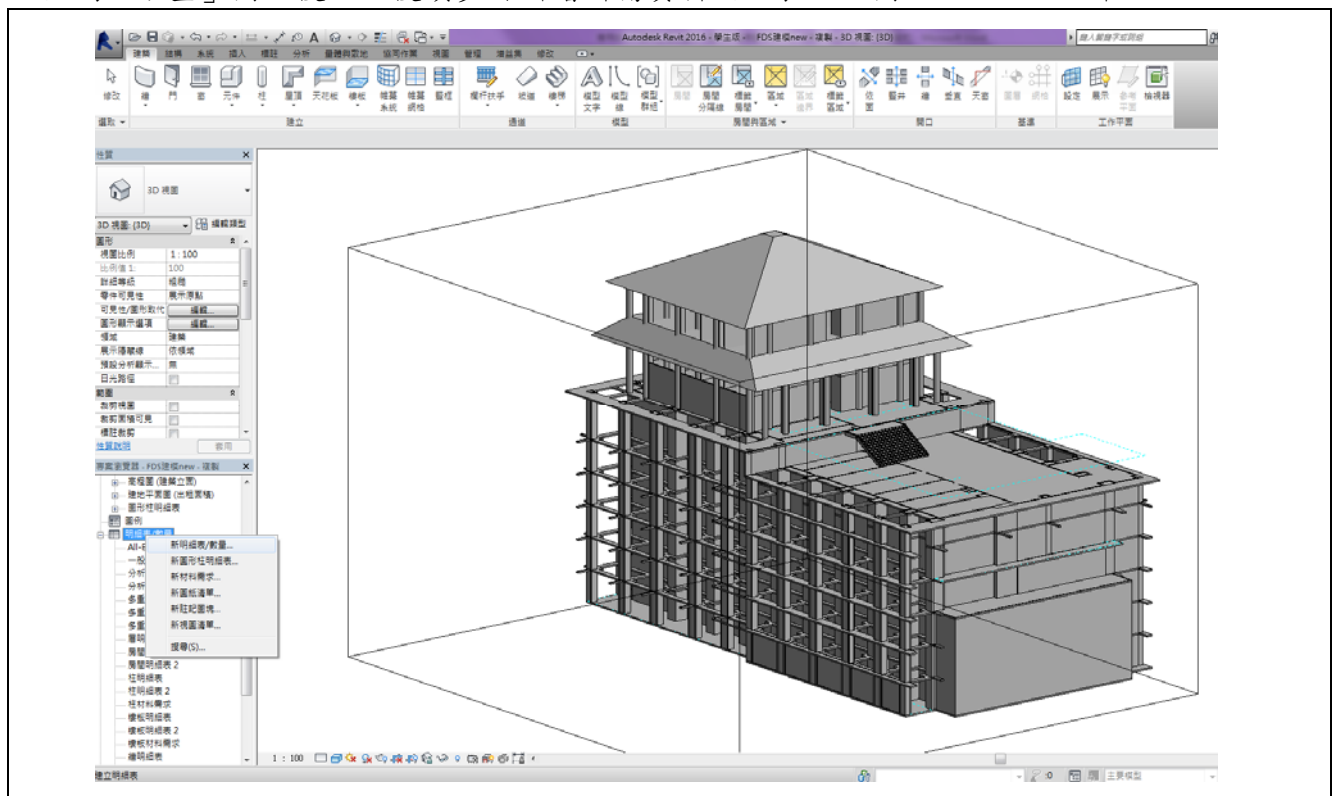


圖 4-11 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-1

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

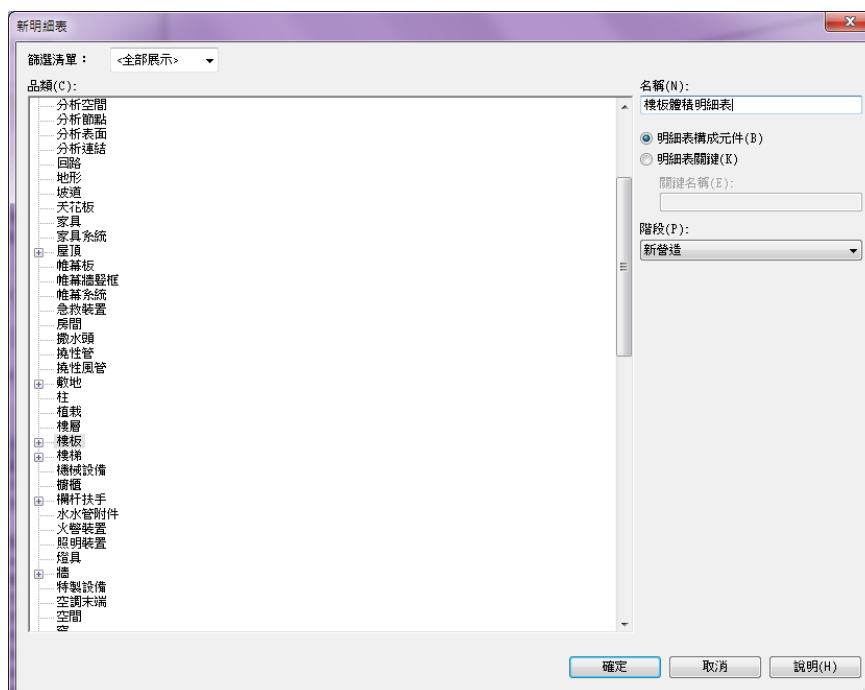


圖 4-12 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-2

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

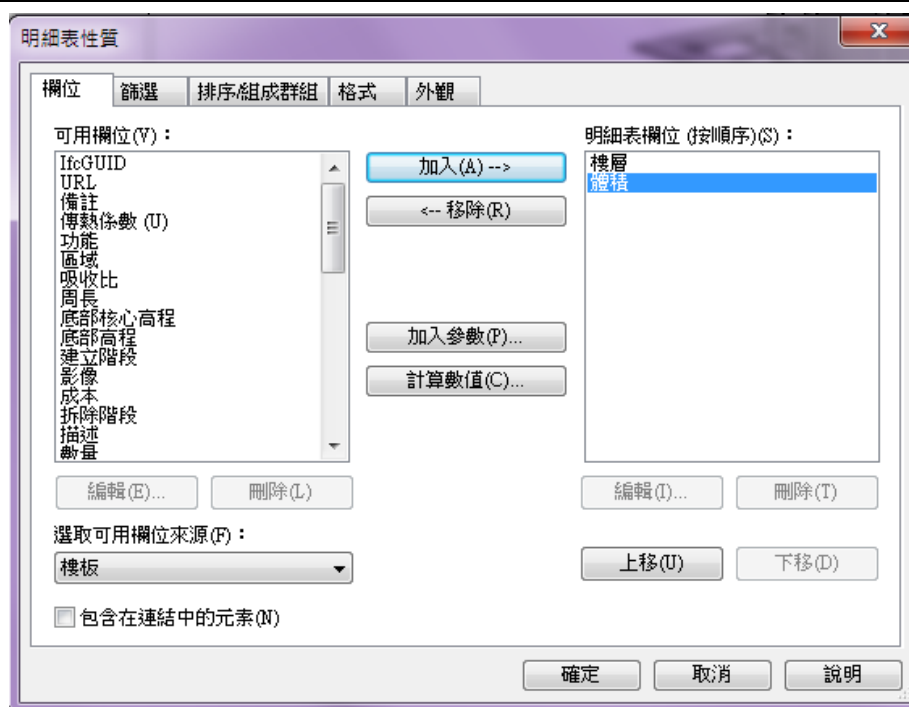


圖 4-13 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-3

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

<樓板體積明細表>	
A	B
樓層	體積
樓層 1	224.34 m³
樓層 5	154.44 m³
樓層 2	46.70 m³
樓層 5	5.30 m³
樓層 6	8.11 m³
樓層 6	69.89 m³
樓層 7	105.24 m³
樓層 2	137.45 m³
樓層 3	154.29 m³
樓層 4	164.97 m³
夾層	99.59 m³

圖 4-14 自宿舍大樓 BIM 模型新增所需資料明細表-4

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

- 步驟二：匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案

點選 Revit 操作介面左上角「R」圖示後，點選「匯出」選項內的「報告」及「明細表」次選項，依後續步驟匯出明細表資料並存成 Excel 格式檔案，及分離 Excel 格式檔案數據資料與單位文字資料如圖 4-15 至 4-24 所示。

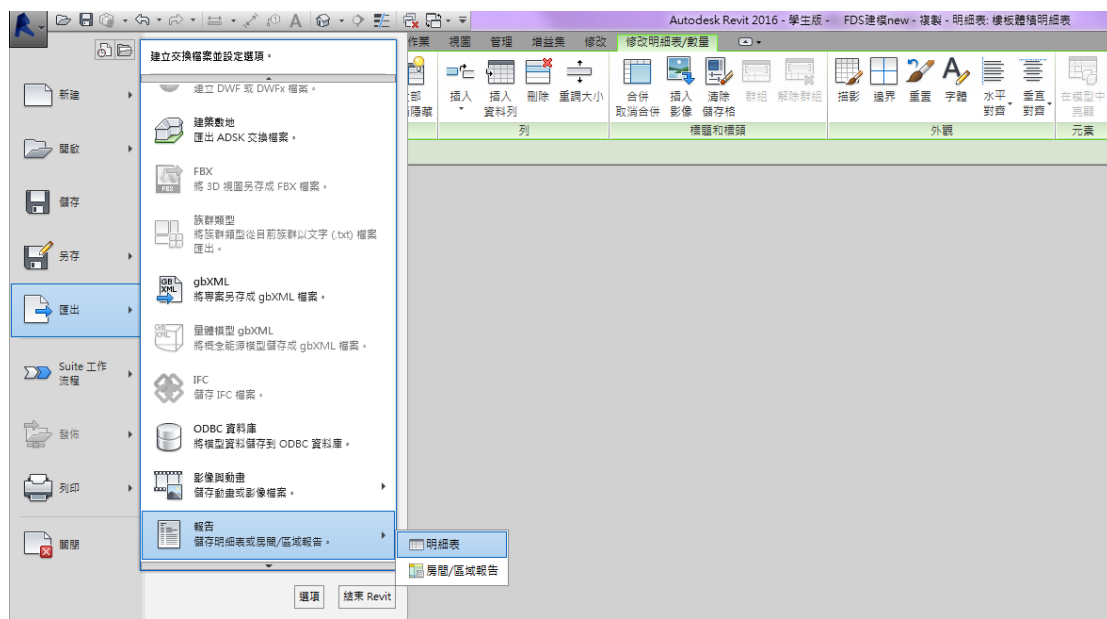


圖 4-15 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-1

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

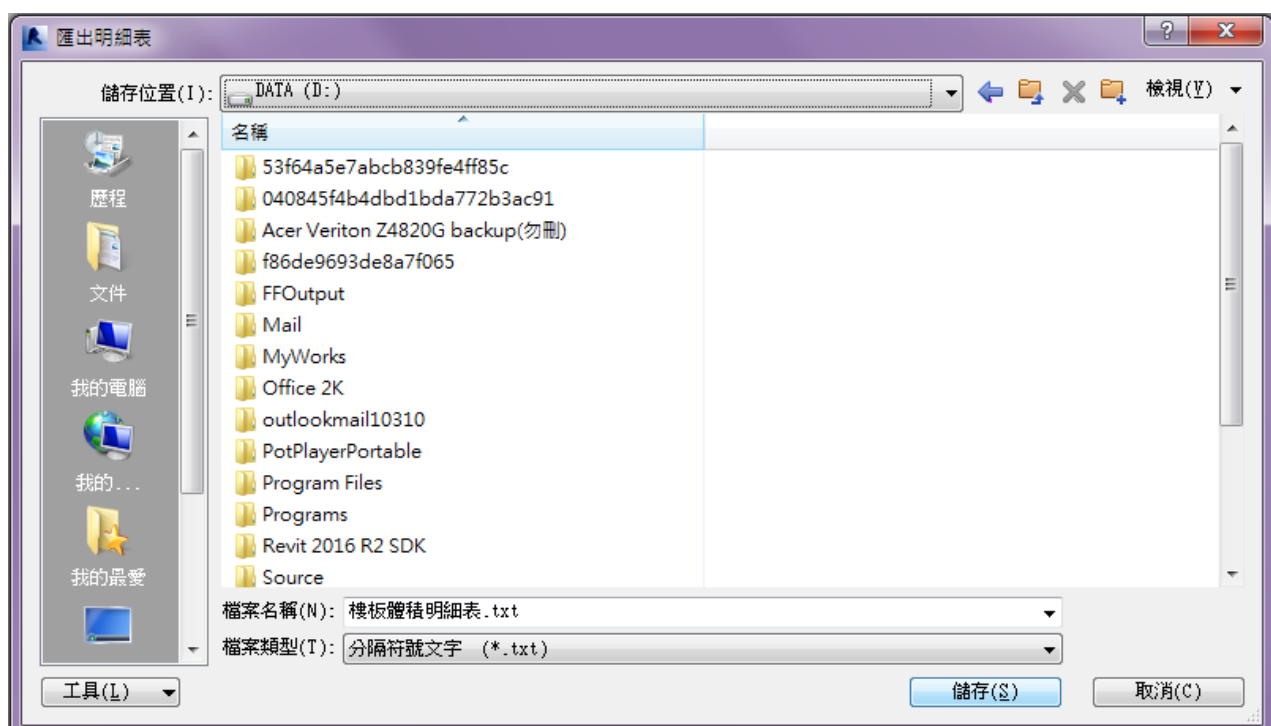


圖 4-16 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-2

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

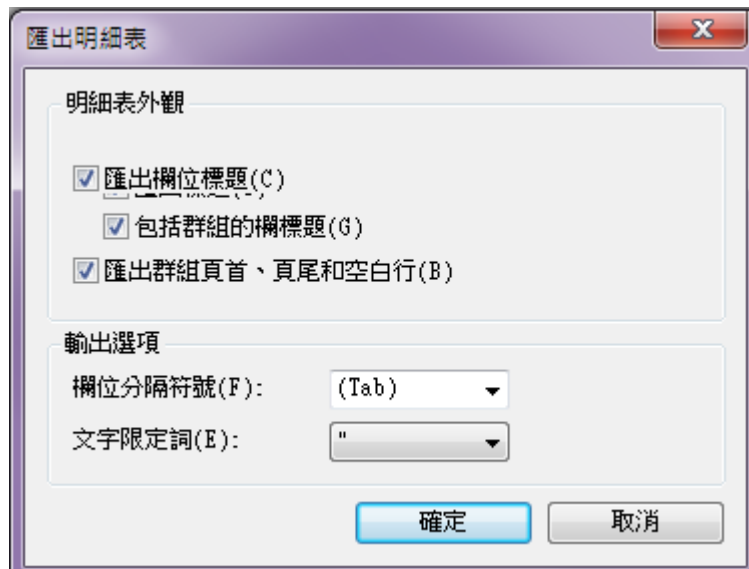


圖 4-17 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-3

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

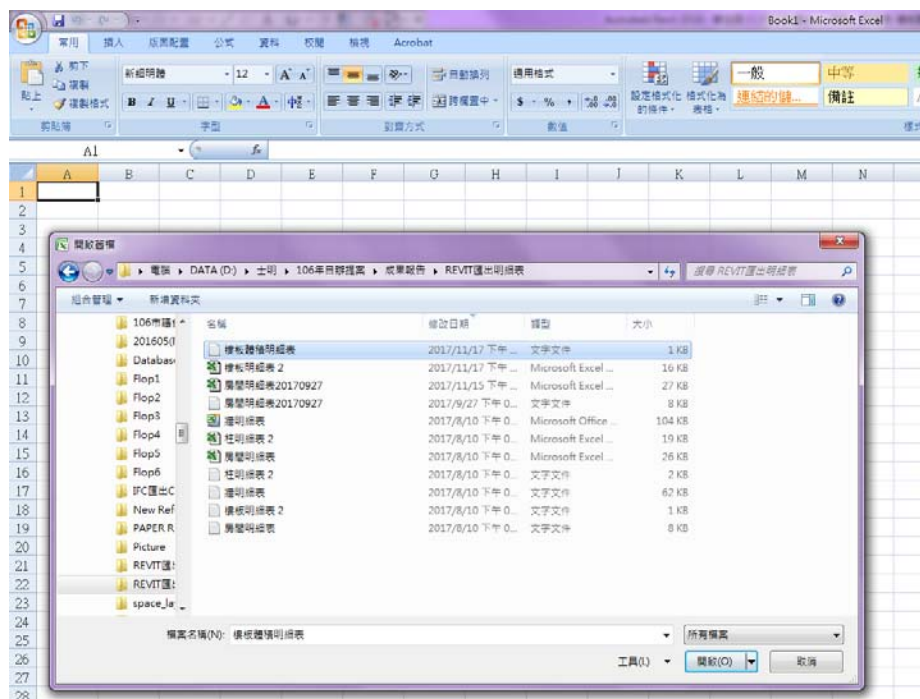


圖 4-18 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-4

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

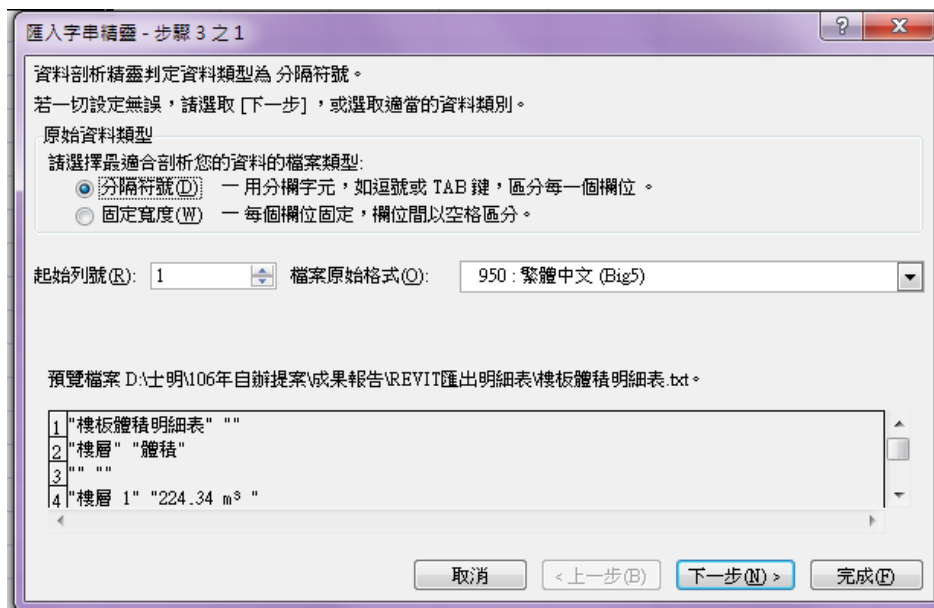


圖 4-19 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-5

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

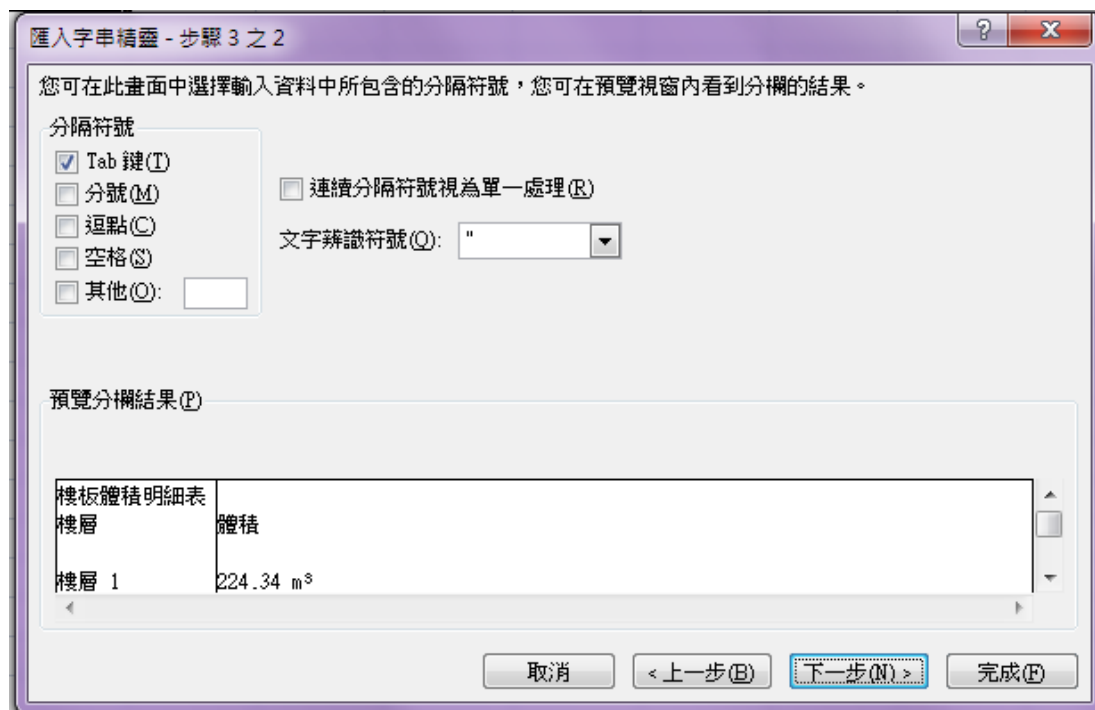


圖 4-20 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-6

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

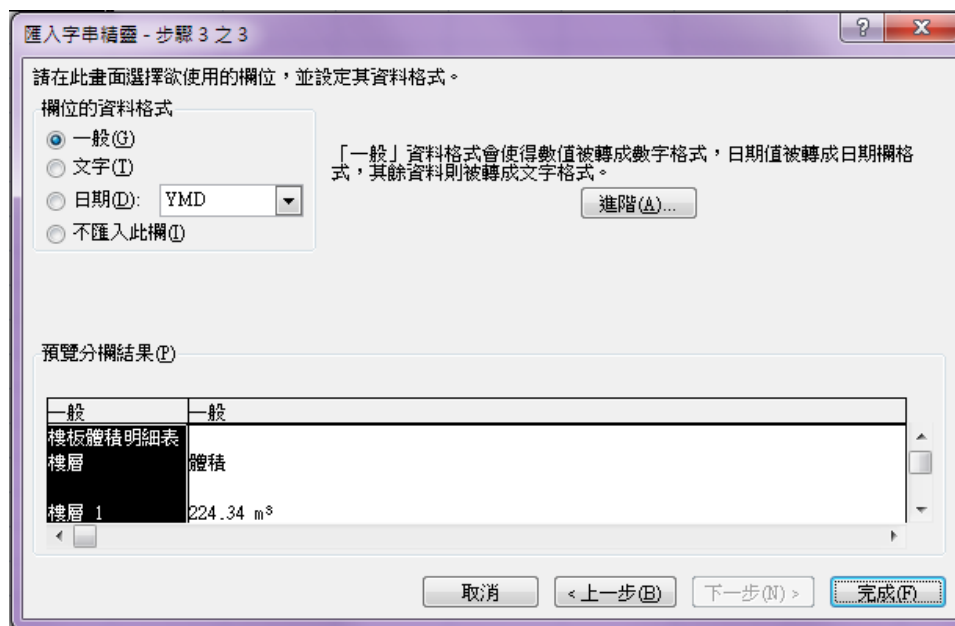


圖 4-21 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-7

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	樓板體積明細表													
2	樓層	體積												
3														
4	樓層 1	224.34 m³												
5	樓層 5	159.74 m³												
6	樓層 2	184.15 m³												
7	樓層 6	78.00 m³												
8	樓層 7	105.24 m³												
9	樓層 3	154.29 m³												
10	樓層 4	164.97 m³												
11	夾層	99.59 m³												
12														

圖 4-22 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-8

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

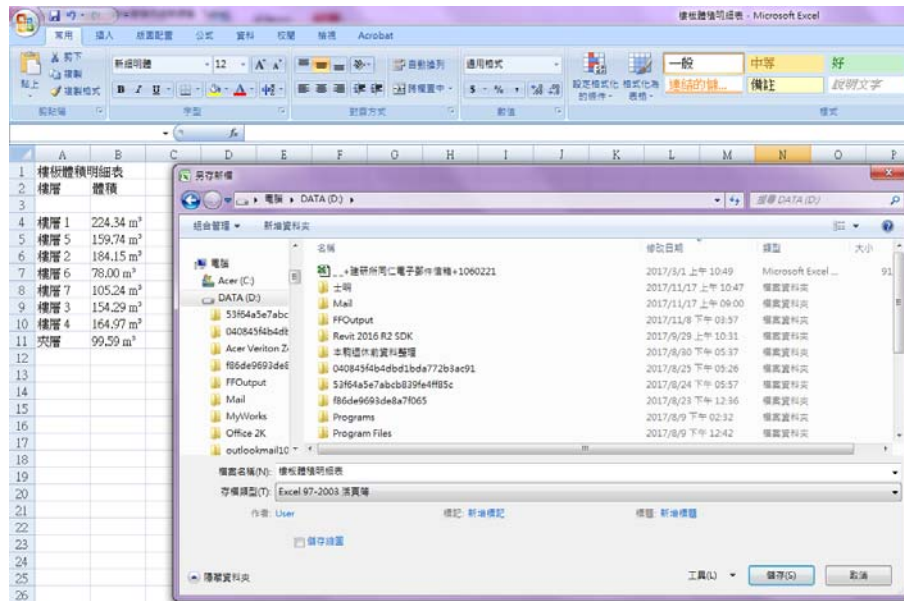


圖 4-23 匯出 BIM 模型明細表資料並存成 Excel 格式檔案-9

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Floor Name	Floor Volume (m³)											
2	樓層 1	224.34											
3	樓層 5	159.74											
4	樓層 2	184.15											
5	樓層 6	78											
6	樓層 7	105.24											
7	樓層 3	154.29											
8	樓層 4	164.97											
9	夾層	99.59											
10													

圖 4-24 分離 Excel 格式檔案數據資料與單位文字資料-10

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

- 步驟三：研發「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能

由於 BIM 模型是設計者或模型建置者依其個人角度建置，因此從 BIM 模型直接或間接匯出之 Excel 格式檔案資料無法直接對應到各工項，也無法直接被任何排程軟體所應用，本研究計畫針對此需求，以 Microsoft Access 軟體研發「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」(如圖 4-4

所示)工作分解結構功能，將 BIM 模型 Excel 格式檔案資料依施工工項做分類及重組，以利後續供「資源分配及時程規劃系統」計算分析或其他建築工程排程軟體排程利用。

- 步驟四：BIM 模型 Excel 格式檔案資料依工作分解結構重新整合

應用「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」工作分解結構功能，將宿舍大樓 BIM 模型 Excel 格式檔案資料，依施工工項做分類及重組步驟如下：

- (1) 將 BIM 模型不同明細表之 Excel 格式檔案資料匯至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」，並分別建置不同明細表資料表，如圖 4-25 所示。
- (2) 調整所建置之不同明細表資料表欄位名稱，並重設 BIM 元件編號，如圖 4-26 所示。
- (3) 建構 BIM 模型元件與工項物件(由數個元件組成)對應關係資料表。(不適用本示範例)
- (4) 建構 BIM 模型物件與工項 (由數個物件組成)對應關係資料表。(不適用本示範例)
- (5) 建構工項資訊資料表，如圖 4-27 所示。
- (6) 依類別需求彙整出各工項所需 BIM 模型明細表資料，以利後續供「資源分配及時程規劃系統」計算分析或其他建築工程排程軟體排程利用，如圖 4-28 所示。

ID	Floor Name	Floor Volume (m³)
1	樓層 1	224.34
2	樓層 5	159.74
3	樓層 2	184.15
4	樓層 6	78
5	樓層 7	105.24
6	樓層 3	154.29
7	樓層 4	164.97
8	夾層	99.59
*(AutoNumber)		

圖 4-25 將 BIM 模型明細表 Excel 格式檔案資料匯至「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Floor Volume ID	Floor Name	Floor Volume (m³)
FV0	夾層	99.59
FV1	樓層 1	224.34
FV2	樓層 2	184.15
FV3	樓層 3	154.29
FV4	樓層 4	164.97
FV5	樓層 5	159.74
FV6	樓層 6	78
FV7	樓層 7	105.24

圖 4-26 調整所建置之不同明細表資料表欄位名稱，並重設 BIM 元件編號

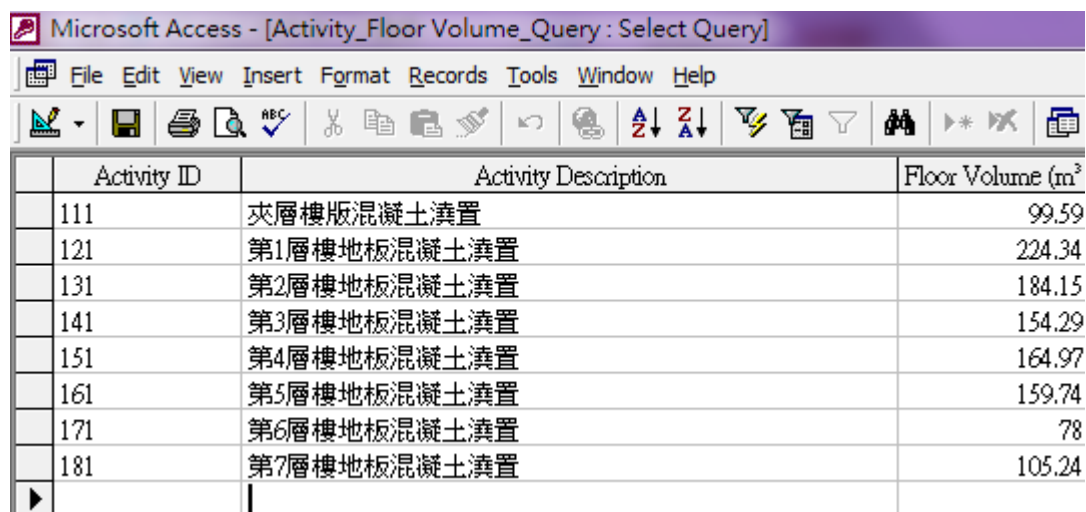
(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Microsoft Access - [Activity Information_Table : Table]						
File Edit View Insert Format Records Tools Window Help						
Activity ID	Activity Description	Start Time	Finish Time	Duration	Activity Budget Cost	% Complete
1	排水，臨時排水，箱涵用					
10	圓形推進坑(D=2.0M,平均挖深4M)					
101	D=300MM短管推進施工費					
11	預鑄人孔(D=1.5M,平均埋深6M)					
111	夾層樓板混凝土澆置					
12	D=400MM短管推進施工費					
121	第1層樓地板混凝土澆置					
13	圓形推進坑(D=2.0M,平均挖深6M)					
131	第2層樓地板混凝土澆置					
14	鋼筋混凝土擋土牆，平均高2M					
141	第3層樓地板混凝土澆置					
15	圓形到達坑(D=1.5M,平均挖深4M)					
151	第4層樓地板混凝土澆置					
16	圓形到達坑(D=1.5M,平均挖深6M)					
161	第5層樓地板混凝土澆置					
17	陰井					
171	第6層樓地板混凝土澆置					
18	場鑄人孔(1.3MX1.1M,平均埋深1.6M)					
181	第7層樓地板混凝土澆置					
19	工程配管箱【平均埋深1.2mM】					
20	預鑄人孔(D=1.5M,平均埋深2.5M)					
21	D=150MM PVC管連接及埋設【平均埋深1.2M】					
22	場鑄人孔(5.8MX3.6M,平均埋深9M)					
23	全套管式鑽掘混凝土基樁，D=1500mm					
24	反循環式鑽掘混凝土基樁，D=120cm，含空鑽					
25	泥漿運棄及處理					
26	路基整理					
27	餘方自行處理(含水土保持)，總重35噸卸貨車					
28	選擇材料回填，透水材料，砂，用於構造物回填					
29	開挖臨時覆蓋板及其支撐，混凝土與鋼之複合式覆蓋板					
30	構造物回填，回填及夯實					
31	瀝青混凝土鋪面，粗粒料19.0mm，AC(1)-20					
32	建築線及騎樓線界石					
33	行道樹圍石					
34	道路路面，含路基					
35	預鑄綠島綠石(L=2m,路面以上高35公分)					
36	瀝青透層，中凝油容瀝青，MC-70					
37	植栽，支柱，原木(含防腐處理)，三支，(D=6~8cm，L=240cm)					
38	瀝青混凝土鋪面，鋪築及滾壓					
39	瀝青混凝土面層鋪築					
4	臨時擋土樁設施，鋼板樁，L=6m，(單邊水平長度，未含擋土支撐系統)					
40	級配粒料底層，碎石級配					
41	人孔井【新築箱涵、埋管用】					
43	鋼筋混凝土管(B型)，D=800mm，三級管，含開挖回填					
45	植栽，換置客土，機械挖方					
46	鋼筋混凝土管(B型)，D=600mm，三級管，含開挖回填					
47	型模植生巖坡，植生基材厚度5cm					
48	排水管溝，U型溝(場鑄)，600≤H<800mm，300≤W<500mm，(含開挖、回填)					
49	排水管溝，U型溝(場鑄)，400≤H<600mm，300≤W<500mm，(含開挖、回填)					
5	房屋廳方挖除及清理，含運費					
5	排水井					

Record: 19 of 59
Datasheet View

圖 4-27 建構工項資訊資料表

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)



Microsoft Access - [Activity_Floor Volume_Query : Select Query]

Activity ID	Activity Description	Floor Volume (m ³)
111	夾層樓版混凝土澆置	99.59
121	第1層樓地板混凝土澆置	224.34
131	第2層樓地板混凝土澆置	184.15
141	第3層樓地板混凝土澆置	154.29
151	第4層樓地板混凝土澆置	164.97
161	第5層樓地板混凝土澆置	159.74
171	第6層樓地板混凝土澆置	78
181	第7層樓地板混凝土澆置	105.24

圖 4-28 依類別需求彙整出各工項所需 BIM 模型明細表資料

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

第五節 資源分配及時程規劃系統分析計算運作流程

- 步驟一：確定執行工程過程所需的工項，並確定它們之間的邏輯和順序關係。最後，使用「資源分配及時程規劃系統」的資源元件庫設定各工項間邏輯和順序關係流程圖（圖 4-29）。

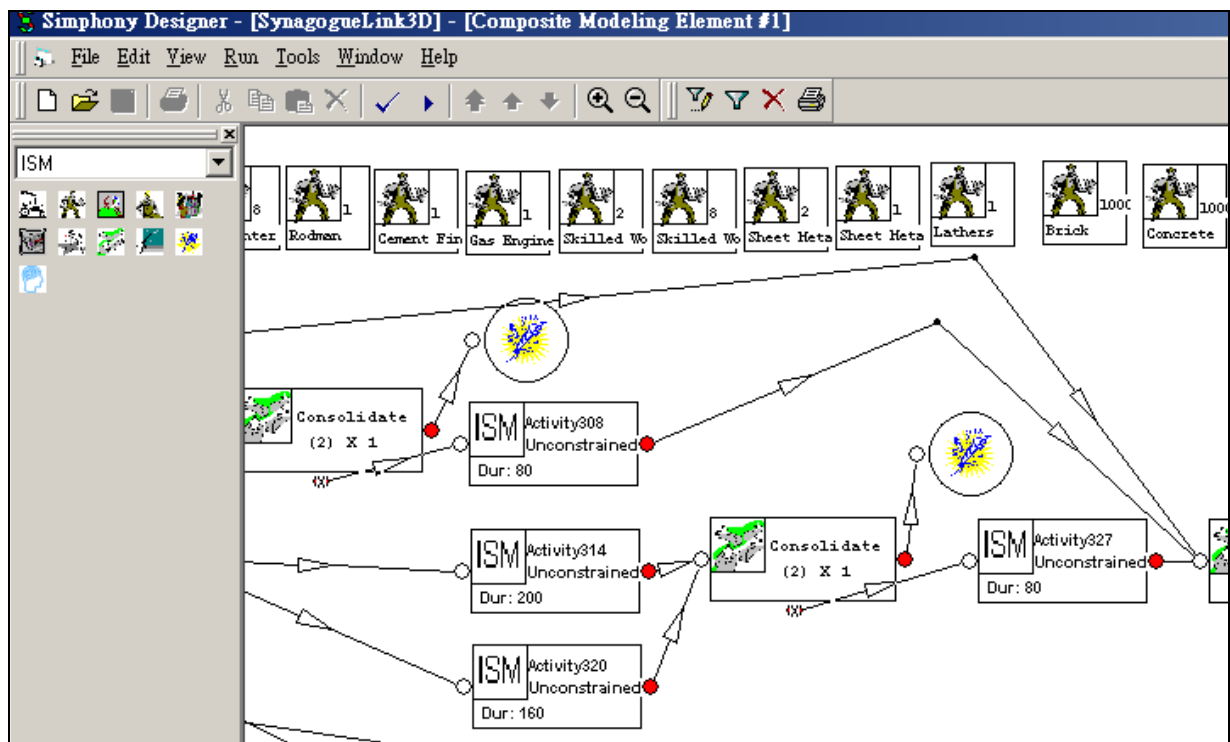


圖 4-29 使用「資源分配及時程規劃系統」的資源元件庫設定各工項間邏輯和順序關係流程圖

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

(2) 設置工程限制條件 (圖 4-30) 和工程執行目標 (圖 4-31)。一般而言，工程限制條件是工程的最長施工時間限制，工程執行目標是最短工程施工時間、最低工程基本成本、最少工程總金額或最少工程成本淨現值。但是，「資源分配及時程規劃系統」還是允許使用者為「資源分配及時程規劃系統」中存在的任何其他參數 (例如，資源或空間面積等) 設置限制條件，並將工程執行目標設定為最短工程施工時間、最低工程基本成本、最少工程總金額或最少工程成本淨現值。

	Parameter	Value	
►	Attribute Value to Check	LINKED	⌕ ⌕
	Operator	<	⌕ ⌕
	Value	5000.00	⌕ ⌕

圖 4-30 設置工程限制條件

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Parameter	Value
Objective Value to Find	Minimum Project Net Present Value
Description	Minimum Project Duration
Target Quantity to Stop Simulation	Minimum Project Cost
	Minimum Project Revenue
	Minimum Project Net Present Value

圖 4-31 設置工程執行目標

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

(3)設定整個工程各可用資源的數量、各空間的面積及各資源單位成本之機率分布樣態(例如：constant、uniform、triangular、normal、beta 或 exponential 機率分布)(圖 4-32)。

Parameter	Value
Resource Description	Electricians
Total Number of Resources	6.00
Resource Unit Cost(\$/unit-hr)	Constant (34.30)

圖 4-32 設定整個工程各可用資源的數量、各空間的面積及各資源單位成本之機率分布樣態

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

(4)從 BIM 模型透過「工作分解結構及資料庫系統」工作分解結構功能，導入各工項工作數量到每個工項或從手動界面設定各工項工作數量，並設定各工項所需的其他數據資料(圖 4-33)。

Parameter	Value
Quantity Source	C:\QRC_Quantity.mdb
Activity Description	walls, windows 202, 201, 209
Number of Servers	Unconstrained
Yearly Interest Rate	0.15
Overhead percentage [%]	10.00
Contingency percentage [%]	25.00
Profit percentage [%]	15.00
Sales Tax[%]	8.25
Mark Up[%]	17.00
No. of Resources Requested	ALL
File Name	queue
Capture Priority	Constant (11.00)

圖 4-33 從 BIM 模型導入各工項工作數量或從手動界面設定各工項工作數量

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

(5) 設定每個工項所需的資源類型、空間位置、資源關係(例如，一輛卡車需要一位司機)、最大資源生產率，及各資源於各工項所需工作面積(圖 4-34)。設定各種資源生產率隨機分佈型態的目的是為了求取各工項施工時間之隨機分配資料，設定各資源於各工項之空間面積需求隨機分佈型態的目的是為了求取各工項空間面積需求之隨機分配資料。這些資源生產率及空間面積需求可以依據先前的經驗或工程實際狀況設定。例如，運輸時間的分佈資料可藉由運輸距離除以估計的運輸速度範圍求得。目標是要儘可能掌握各工項執行中固有的不確定性。類似地，資源單位成本資料可以依據先前其他工程的數據設定，或依據當地當時的相關數據加以修改。此步驟是為了求取施工時間、空間面積需求及施工成本分布範圍，其中資源生產率、單位資源空間需求及單位成本可被設定為隨機分布樣態或常數。

	Parameter	Value		
	Resource to Request/Release	Carpenter Foreman		
	Multiplier of Number of Resources	1.00		
	Number of Resources	Constant (2.00)		
	Maximum Resource Productivity(unit/hr)	Constant (100.00)		
	Required Working Area Per Unit Resource	5		
	Name of The Working Area	A6		

圖 4-34 設定每個工項所需的資源類型、空間位置、資源關係、最大資源生產率，及各資源於各工項所需工作面積

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

(6) 使用「資源分配及時程規劃系統」分析尋找最佳資源分配及時程規劃相關資料。(圖 4-35 及 4-36)

```

Message
In Activity290,the req'd no of Skilled Worker Foreman=2 with productivity=0.4
In Activity290,the req'd no of Skilled Workers=8 with productivity=0.1
In Activity290,the req'd no of Carpenters=4 with productivity=0.2
In Activity290,the req'd no of Electricians=4 with productivity=0.2
In Activity290,the req'd no of Carpenter Foreman=2 with productivity=0.4
In Activity290,the req'd no of Laborers=2 with productivity=0.4
Activity Cost Of Activity290: $159432
Start Time Of Activity290: 8983.08943017691(hr)
Finish Time Of Activity290: 9223.08943017691(hr)
Duration Of Activity290: 240(hr)

```

圖 4-35 使用「資源分配及時程規劃系統」分析出各工項最佳施工時間、資源分配、資源生產率、空間分配、成本、開始施工時間及完成施工時間

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Message
Project Duration(hr) in Run #1: 9831
Project Cost(\$) in Run #1: 5855295
Project Revenue(\$) in Run #1: 10261405
Project Net Present Value At Project Start Timt(\$) in Run #1: 4301066

圖 4-36 使用「資源分配及時程規劃系統」分析出最佳工程施工時間、成本、成本淨現值

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

(7) 如果最佳人員及設備分配係以最短工程施工時間為佳化目標，並且在此最佳化目標下出現兩個或更多選擇方案時，「資源分配及時程規劃系統」會自動挑選成本較低的選擇方案。

(8) 分析結果。執行數值模擬後，使用者應檢查整個工程中每個資源和每個施工空間區域的使用百分率(圖 4-37)。如果某些資源的最大使用百分率較低，則可能意味著可以使用較少的這些資源來達到相同的工程施工時間。如果某些施工空間區域的最大使用百分率較低，而其他某些施工空間區域的最大使用百分率較高，則使用者應考慮調整這些施工空間區域的區域範圍，即可能縮短工程施工時間。最後，使用者應檢查工程施工時間、工程成本及工程成本現值的隨機風險分析結果。如果計算所得的工程施工時間具有高風險，則承包商可能需要考慮增加具有高最大資源使用率的資源數量，然後依此程序一直重複執行數值模擬分析過程，直到風險降到可接受的範圍。如果計算所得的工程成本或成本淨現值具有高風險，那麼承包商可能需要提高其工程報價。

	Statistic	Runs	Mean	First StdDev	Global StdDev	Minimum	Maximum	Graphs
►	Resource Utilization	1000	1.35	11.55	0.00	0.00	100.00	None

圖 4-37 使用「資源分配及時程規劃系統」分析出各資源於整個工程資源使用率

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

第六節 匯出資源分配及時程規劃系統分析計算結果至本建築工程 ERP 系統運作流程

「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」(圖 4-38)匯入「資源分配及時程規劃系統」分析結果及輸入工程基本資料後，自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能，及自動產製相關報告。



Budget and Administrative Management Table

ID

Project ID

Project Title

Project Type

Project Location

Project Content

Owner

Design Architect Office

Contact Person of Design

Phone number of Contact

Supervisory company

Contact Person of Supervis

Phone number of Contact

Construction Company

Superintendent

Phone number of Superint

Supervisor Engineer

Phone number of Supervis

ISM Activity ID

Activity Description

Budget Unit

Budget Per Unit

Cost Per Unit

Total Quantity

Completion Quantity

Valuation Quantity

Budgeted Cost

BCWP_Budgeted Cost for

ACWP_Actual Cost for W

BCWS_Budgeted Cost for

SV_Schedule Variation

CV_Cost Variation

CPI_Cost Performance Ind

SM1

Dormitory Building

Building

Taipei

7 floors reinforced concrete structure

Ministry of the Interior

Arch1

David

02-89127890

Sup1

William

02-89127899

Con1

Bill

02-89126789

Steven

02-89124455

113

4th floor complete

M2

\$2,000.00

\$1,800.00

160

20

10

\$320,000.00

\$40,000.00

\$36,000.00

\$20,000.00

\$20,000.00

\$4,000.00

1

Record: 1 of 8

工作分解結構及建築工程ERP系統

☐ Budget and Administrative Form
 ☐ Budget and Administrative Report
 ☐ Return to Main Menu

圖 4-39 執行預算管理及行政作業管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Budget and Administrative Management Report

<i>ID</i>	1
<i>Project ID</i>	SM1
<i>Project Title</i>	Dormitory Building
<i>Project Type</i>	Building
<i>Project Location</i>	Taipei
<i>Project Content</i>	7 floors reinforced concrete structure building
<i>Owner</i>	Ministry of the Interior
<i>Design Architect Office</i>	Arch1
<i>Contact Person of Design Architect Office</i>	David
<i>Phone number of Contact Person of Design Architect Office</i>	02-89127890
<i>Supervisory company</i>	Sup1
<i>Contact Person of Supervisory company</i>	William
<i>Phone number of Contact Person of Supervisory company</i>	02-89127899
<i>Construction Company</i>	Con1
<i>Superintendent</i>	Bill
<i>Phone number of Superintendent</i>	02-89126789
<i>Supervisor Engineer</i>	Steven
<i>Phone number of Supervisor Engineer</i>	02-89124455
<i>ISM Activity ID</i>	113
<i>Activity Description</i>	4th floor complete
<i>Budget Unit</i>	M2
<i>Budget Per Unit</i>	\$2,000.00
<i>Cost Per Unit</i>	\$1,800.00
<i>Total Quantity</i>	160
<i>Completion Quantity</i>	20
<i>Valuation Quantity</i>	10
<i>Budgeted Cost</i>	\$320,000.00

2019年7月22日

Page 1 of 16

圖 4-40 產製預算管理及行政作業管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)



圖 4-41 執行進度管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Project Schedule Management Report

<i>Project ID</i>	P-1
<i>Project Name</i>	Dormitory Building
<i>Project Component ID</i>	p113
<i>Project Component Description</i>	4th floor complete
<i>Construction Component ID</i>	c113
<i>Component Description</i>	4th floor complete
<i>ISM Activity ID</i>	113
<i>Activity Description</i>	4th floor complete
<i>Start Time</i>	5/23/2000
<i>Finish Time</i>	7/3/2000
<i>Duration</i>	30
<i>% Complete</i>	0
<i>Labor Description</i>	Carpenters
<i>Equipment Description</i>	Backhoe Loader
<i>Material Description</i>	2"X2" Wood Plank
<i>Labor Amount Required</i>	1
<i>Equipment Amount Required</i>	3
<i>Material Amount Required</i>	4.83
<i>Labor Unit</i>	EA
<i>Equipment Unit</i>	EA
<i>Material Unit</i>	MBF
<i>Space Description</i>	4th floor complete area
<i>Space Type</i>	S
<i>Required Space Amount</i>	1800
<i>Space Unit</i>	Sq Ft
<i>Activity Budget Cost</i>	\$79,612.00

2019年7月22日

Page 1 of 33

圖 4-42 產製工程進度管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Application for Payment Schedule Management Report

<i>Payment Application ID</i>	120190628
<i>Project</i>	Dormitory Building
<i>Owner</i>	SM Construction Company
<i>Period Ending</i>	2004/3/31
<i>Contract Work</i>	Building
<i>Contract No</i>	093015
<i>Prepared By</i>	Steven Chen
<i>Original Contract Amount</i>	\$2,000,000,000.00
<i>Total Completed To Date</i>	\$200,000,000.00
<i>Total Retainage</i>	\$100,000,000.00
<i>Total Completed Less Retain</i>	\$100,000,000.00
<i>Less Previous Applications</i>	\$50,000.00
<i>Current Payment Due</i>	\$99,950,000.00

2019年7月22日

Page 1 of 1

圖 4-43 產製估驗計價進度管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)



圖 4-44 「資源及空間管理」首頁

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

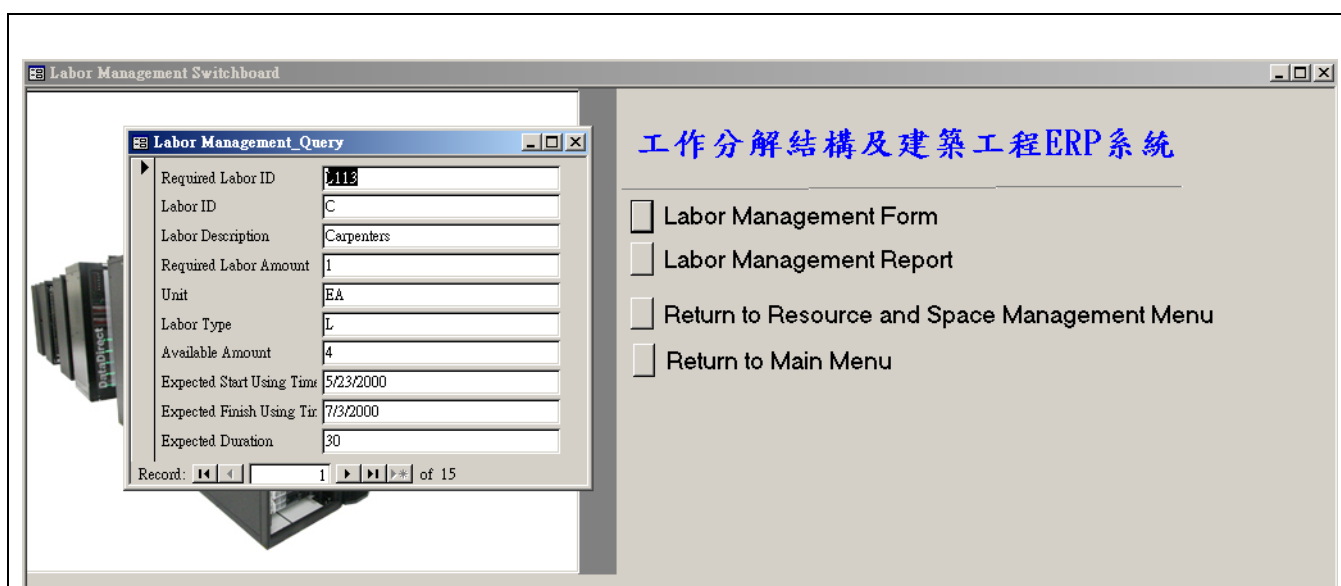


圖 4-45 執行人力管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Labor Management Report

<i>Required Labor ID</i>	L113
<i>Labor ID</i>	C
<i>Labor Description</i>	Carpenters
<i>Required Labor Amount</i>	1
<i>Labor Type</i>	L
<i>Labor Hourly Cost</i>	\$29.15
<i>Labor Amount Available</i>	4
<i>Unit</i>	EA
<i>Expected Start Using Time</i>	5/23/2000
<i>Expected Finish Using Time</i>	7/3/2000
<i>Expected Duration</i>	30
<i>Labor Payment</i>	NT\$874.50
<i>Required Labor ID</i>	L32
<i>Labor ID</i>	C
<i>Labor Description</i>	Carpenters
<i>Required Labor Amount</i>	2
<i>Labor Type</i>	L
<i>Labor Hourly Cost</i>	\$29.15
<i>Labor Amount Available</i>	4
<i>Unit</i>	EA
<i>Expected Start Using Time</i>	9/6/1999
<i>Expected Finish Using Time</i>	10/31/1999
<i>Expected Duration</i>	39.98073
<i>Labor Payment</i>	NT\$2,330.88

圖 4-46 產製人力管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)



圖 4-47 執行設備管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Equipment Management Report

<i>Required Equipment ID</i>	E113
<i>Equipment ID</i>	EL
<i>Equipment Description</i>	Backhoe Loader
<i>Required Equipment Amount</i>	3
<i>Hourly Cost</i>	\$22.63
<i>Available Amount</i>	1
<i>Unit</i>	EA
<i>Expected Start Using Time</i>	5/23/2000
<i>Expected Finish Using Time</i>	7/3/2000
<i>Expected Duration</i>	30
<i>Equipment Payment</i>	NT\$2,036.70
<i>Required Equipment ID</i>	E32
<i>Equipment ID</i>	CEF
<i>Equipment Description</i>	Cement Finisher
<i>Required Equipment Amount</i>	1
<i>Hourly Cost</i>	\$27.95
<i>Available Amount</i>	1
<i>Unit</i>	EA
<i>Expected Start Using Time</i>	9/6/1999
<i>Expected Finish Using Time</i>	10/31/1999
<i>Expected Duration</i>	39.98073
<i>Equipment Payment</i>	NT\$1,117.46

圖 4-48 產製設備管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Material Management Switchboard

Inventory Management Query

Required Material ID	411E	Expected Daily Requirement	1.6
Purchase Item ID	wP	Actual Start Using Time	8:00 5/6/2001
Item Description	2"x3" Wood Plate	Actual Finish Using Time	16:00 5/6/2001
Purchase Item Amount	4.83	Actual Duration	8
Item Unit	MBF	Actual Daily Requirement	1
Item Type	M	Amount Left So Far	1
Receiver	John Kim		
Status	Waiting		
Expected Start Using Time	5/23/2000		
Expected Finish Using Time	7/3/2000		
Expected Using Duration	30		

Record: 1 of 5

工作分解結構及建築工程ERP系統

- ☐ Inventory Management Form
- ☐ Inventory Management Report
- ☐ Material For Each Activity Form
- ☐ Material For Each Activity Report
- ☐ Total Material Form
- ☐ Total Material Report
- ☐ Return to Resource and Space Management Menu
- ☐ Return to Main Menu

圖 4-49 執行材料庫存管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Inventory Management Report

<i>Required Material ID</i>	M113
<i>Purchase Item ID</i>	W/P
<i>Item Description</i>	2"x3" Wood Plate
<i>Purchase Item Amount</i>	4.83
<i>Item Unit</i>	MBF
<i>Item Type</i>	M
<i>Receiver</i>	John Kim
<i>Status</i>	Waiting
<i>Expected Start Using Time</i>	5/23/2000
<i>Expected Finish Using Time</i>	7/3/2000
<i>Expected Using Duration</i>	30
<i>Expected Daily Requirement</i>	1.6
<i>Actual Start Using Time</i>	8:00 5/6/2001
<i>Actual Finish Using Time</i>	16:00 5/6/2001
<i>Actual Duration</i>	8
<i>Actual Daily Requirement</i>	1
<i>Amount Left So Far</i>	1

圖 4-50 產製材料庫存管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

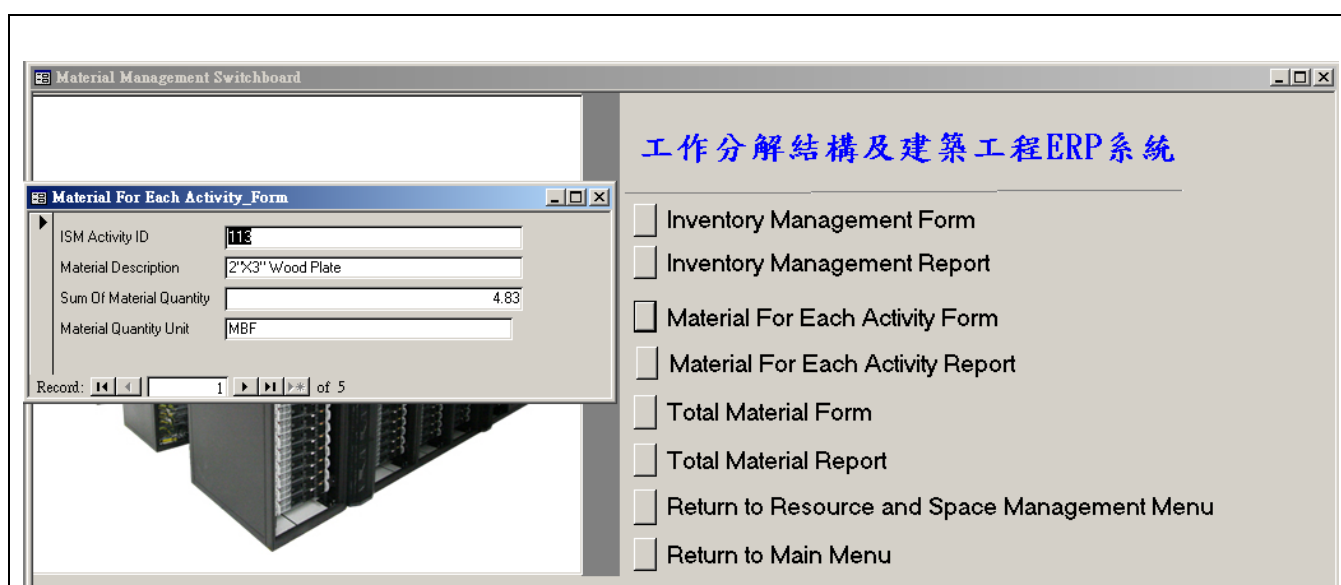


圖 4-51 執行各工項材料管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Material For Each Activity Report

<i>ISM Activity ID</i>	113
<i>Material Description</i>	2"X3" Wood Plate
<i>Sum Of Material Quantity</i>	4.83
<i>Material Quantity Unit</i>	MBF
<i>ISM Activity ID</i>	32
<i>Material Description</i>	Aggregate
<i>Sum Of Material Quantity</i>	110
<i>Material Quantity Unit</i>	Lb
<i>ISM Activity ID</i>	32
<i>Material Description</i>	Brick
<i>Sum Of Material Quantity</i>	80
<i>Material Quantity Unit</i>	EA

圖 4-52 產製各工項材料管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)



圖 4-53 執行全部材料管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Total Material Report

<i>Material Description</i>	2"X3" Wood Plate
<i>Sum Of Material Quantity</i>	4.83
<i>Material Quantity Unit</i>	MBF
<i>Material Description</i>	Aggregate
<i>Sum Of Material Quantity</i>	110
<i>Material Quantity Unit</i>	Lb
<i>Material Description</i>	Brick
<i>Sum Of Material Quantity</i>	660
<i>Material Quantity Unit</i>	EA
<i>Material Description</i>	concrete
<i>Sum Of Material Quantity</i>	168.562
<i>Material Quantity Unit</i>	Cu. Yd.
<i>Material Description</i>	Door or Window/Item
<i>Sum Of Material Quantity</i>	3
<i>Material Quantity Unit</i>	PC
<i>Material Description</i>	Tubular Steel
<i>Sum Of Material Quantity</i>	661
<i>Material Quantity Unit</i>	LF
<i>Material Description</i>	W21X47
<i>Sum Of Material Quantity</i>	600
<i>Material Quantity Unit</i>	LF

圖 4-54 產製全部材料管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)



圖 4-55 執行空間管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Space Management_Report

Space ID S113

Space ID	Description	Required Space	Unit	Type	Available Space	Plan Start
RS113	4th floor comple	1800	Sq Ft	S	1800	5/23/2000

Space ID S32

Space ID	Description	Required Space	Unit	Type	Available Space	Plan Start
RS32	newstair area	1200	Sq Ft	S	840	9/6/1999

Space ID S38

Space ID	Description	Required Space	Unit	Type	Available Space	Plan Start
RS38	scaffolding area	800	Sq Ft	S	300	9/2/1999

Space ID S62

Space ID	Description	Required Space	Unit	Type	Available Space	Plan Start
RS62	girder area	100	Sq Ft	S	1800	10/26/1999

Space ID S74

Space ID	Description	Required Space	Unit	Type	Available Space	Plan Start
RS74	newwall & wind	600	Sq Ft	S	960	4/27/2000

Space ID S80

Space ID	Description	Required Space	Unit	Type	Available Space	Plan Start
RS80	newdoor area	500	Sq Ft	S	960	12/21/1999

Space ID S86

Space ID	Description	Required Space	Unit	Type	Available Space	Plan Start
RS86	joist area	900	Sq Ft	S	1800	1/18/2000

圖 4-56 產製空間管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

ISM Activity_Query			
Project ID	21	Equipment Description	Backhoe Loader
Project Name	Dormitory Building	Material Description	2"X3" Wood Plate
Project Component ID	p113	Labor Amount Required	1
Project Component Description	4th floor complete	Equipment Amount Required	3
Construction Component ID	c113	Material Amount Required	4.83
Component Description	4th floor complete	Labor Unit	EA
ISM Activity ID	113	Equipment Unit	EA
Activity Description	4th floor complete	Material Unit	MBF
Start Time	5/23/2000	Space Description	4th floor complete area
Finish Time	7/3/2000	Space Type	S
Duration	30	Required Space Amount	1800
% Complete	0	Space Unit	Sq Ft
Labor Description	Carpenters	Activity Budget Cost	\$79,612.00

Record: 1 of 33

工作分解結構及建築工程ERP系統

☐ Activity Management Form

☐ Activity Management Report

☐ Return to Main Menu

圖 4-57 執行工項管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Activity Management Report

<i>Project ID</i>	P-1
<i>Project Name</i>	Dormitory Building
<i>Project Component ID</i>	p113
<i>Project Component Description</i>	4th floor complete
<i>Construction Component ID</i>	c113
<i>Component Description</i>	4th floor complete
<i>ISM Activity ID</i>	113
<i>Activity Description</i>	4th floor complete
<i>Start Time</i>	5/23/2000
<i>Finish Time</i>	7/3/2000
<i>Duration</i>	30
<i>% Complete</i>	0
<i>Labor Description</i>	Carpenters
<i>Equipment Description</i>	Backhoe Loader
<i>Material Description</i>	2"X3" Wood Plate
<i>Labor Amount Required</i>	1
<i>Equipment Amount Required</i>	3
<i>Material Amount Required</i>	4.83
<i>Labor Unit</i>	EA
<i>Equipment Unit</i>	EA
<i>Material Unit</i>	MBF
<i>Space Description</i>	4th floor complete area
<i>Space Type</i>	S
<i>Required Space Amount</i>	1800
<i>Space Unit</i>	Sq Ft
<i>Activity Budget Cost</i>	\$79,612.00

圖 4-58 產製工項管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Purchase Order Management Switchboard

Purchase Order Query

Purchase Order ID	60-1	Status	Waiting
Required Material ID	M113	Vendor ID	V-8
Purchase Item ID	WP	Vendor Name	KING
Item Description	2"x3" Wood Plate	Vendor Item ID	WP
Purchase Item Amount	4.83	Vendor Address	47 35TH ST., BROOKLYN, NY
Item Unit	MBF	Vendor Phone	(718)456-3587
Date Issued	3/3/2001	Contact Person	JOHN KENNEDY
Date Required	5/1/2001	Item Unit Cost	\$580.00
Scheduled Delivery Date	4/31/2001	Discount Percentage	0.2
Actual Delivery Date	4/31/2001	Payment	NT\$2,241.12
Latest Delivery Date	5/1/2001		

Record: 1 of 9

工作分解結構及建築工程ERP系統

- ☐ Purchase Order Management Form
- ☐ Purchase Order Management Report
- ☐ Return to Main Menu

圖 4-59 執行採購管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Purchase Order Management Report

<i>Purchase Order ID</i>	PO-1
<i>Required Material ID</i>	M113
<i>Purchase Item ID</i>	VVP
<i>Item Description</i>	2"x3" Wood Plate
<i>Purchase Item Amount</i>	4.83
<i>Item Unit</i>	MBF
<i>Date Issued</i>	3/3/2001
<i>Date Required</i>	5/1/2001
<i>Scheduled Delivery Date</i>	4/31/2001
<i>Actual Delivery Date</i>	4/31/2001
<i>Latest Delivery Date</i>	5/1/2001
<i>Status</i>	Waiting
<i>Vendor ID</i>	V-8
<i>Vendor Name</i>	KING
<i>Vendor Item ID</i>	VVP
<i>Vendor Address</i>	47 35TH ST., BROOKLYN, NE
<i>Vendor Phone</i>	(718)456-3587
<i>Contact Person</i>	JOHN KENNEDY
<i>Item Unit Cost</i>	\$580.00
<i>Purchase Order Discount Percentage</i>	0.2
<i>Purchase Order Payment</i>	NT\$2,241.12

圖 4-60 產製採購管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Accounting Management Switchboard



工作分解結構及建築工程ERP系統

☐ Accounting Management Form
 ☐ Accounting Management Report
 ☐ Return to Main Menu

Total Accounting/Cost Form : Form

Total Accounting Form

Account ID	A-1
Labor Account ID	LA-1
Equipment Account ID	EA-1
Purchase Order Account ID	POA-1
Subcontractor Requirement	SRA-1
Labor Payment	NT\$874.50
Equipment Payment	NT\$2,036.70
Purchase Order Payment	NT\$2,241.12
Subcontractor Payment	NT\$200,000.00
Total Account Payment	NT\$205,152.32

Record: 1 of 7

Labor Accounting Form

Labor Account ID	LA-1
Required Labor ID	L113
Labor ID	C
Expr1	Carpenters
Expr2	1
Expr3	EA
SumOfHourly Cost	NT\$29.15
Expected Start Using Time	5/23/2000
Expected Finish Using Time	7/3/2000
Expected Duration	30
Subtotal Labor Payment	NT\$874.50
Date Issued For Labor Payment	2001/1/2

Record: 1 of 15

Purchase Order Accounting Form

Purchase Order Account ID	POA-1
Purchase Order ID	PO-1
Required Material ID	M113
Purchase Item ID	WP
Item Description	2"x3" Wood Plate
Amount	4.83
Item Unit	MBF
Vendor ID	V-8
Vendor Name	KING
Unit Cost	NT\$580.00
Discount Percentage	0.2
Subtotal Purchase Order Payment	NT\$2,241.12

Record: 1 of 9

Equipment Accounting Form

Equipment Account ID	EA-1
Required Equipment ID	E113
Equipment ID	EL
Expr1	Backhoe Loader
Expr2	3
Expr3	EA
SumOfHourly Cost	NT\$22.63
Expected Start Using Time	5/23/2000
Expected Finish Using Time	7/3/2000
Expected Duration	30
Subtotal Equipment Payment	NT\$2,036.70
Date Issued For Equipment Payment	2001/1/2

Record: 1 of 10

Subcontractor Accounting Form

Subcontractor Requirement	SRA-1
Subcontractor ID	SC-1
Company Name	JONES
Subtotal Subcontractor Payment	NT\$200,000.00
Date Required	2001/1/1

Record: 1 of 7

圖 4-61 執行會計管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Accounting Management Report

<i>Account ID</i>	A-1
<i>Labor Account ID</i>	LA-1
<i>Equipment Account ID</i>	EA-1
<i>Purchase Order Account ID</i>	POA-1
<i>Subcontractor Requirement</i>	SRA-1
<i>Labor Payment</i>	NT\$874.50
<i>Equipment Payment</i>	NT\$2,036.70
<i>Purchase Order Payment</i>	NT\$2,241.12
<i>Subcontractor Payment</i>	NT\$200,000.00
<i>Total Account Payment</i>	NT\$205,152.32
<i>Account ID</i>	A-2
<i>Labor Account ID</i>	LA-2
<i>Equipment Account ID</i>	EA-2
<i>Purchase Order Account ID</i>	POA-2
<i>Subcontractor Requirement</i>	SRA-2
<i>Labor Payment</i>	NT\$21,511.63
<i>Equipment Payment</i>	NT\$32,464.35
<i>Purchase Order Payment</i>	NT\$2,265.45
<i>Subcontractor Payment</i>	NT\$450,000.00
<i>Total Account Payment</i>	NT\$506,241.44

圖 4-62 產製會計管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)



圖 4-63 執行供應商管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Vendor Management Report

<i>Vendor ID</i>	V-1
<i>Vendor Name</i>	EMPIRE
<i>Specialty</i>	Concrete
<i>Vendor Item ID</i>	CONC
<i>Item Unit Cost</i>	\$1.59
<i>Discount Percentage</i>	0.2
<i>Address</i>	27 15TH ST, BROOKLYN, NEW YORK
<i>Phone</i>	(718)260-3864
<i>Contact Person</i>	Tom Chen

<i>Vendor ID</i>	V-2
<i>Vendor Name</i>	HITECH
<i>Specialty</i>	Door
<i>Vendor Item ID</i>	DOOR
<i>Item Unit Cost</i>	\$141.00
<i>Discount Percentage</i>	0.1
<i>Address</i>	22 34TH ST, MANHATTON, NEW YORK
<i>Phone</i>	(212)353-6254
<i>Contact Person</i>	CANON WU

圖 4-64 產製供應商管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Application for Payment Management Switchboard

Application for Payment Table

Payment Application ID	20190628
Project	Dormitory Building
Owner	SM Construction Company
Period Ending	2004/3/31
Contract Work	Building
Contract No	093015
Prepared By	Steven Chen
Original Contract Amount	\$2,000,000,000.00
Total Completed To Date	\$200,000,000.00
Total Retainage	\$100,000,000.00
Total Completed Less Retainage	\$100,000,000.00
Less Previous Applications	\$50,000.00
Current Payment Due	\$99,950,000.00

Record: 1 of 1

工作分解結構及建築工程ERP系統

☐ Application for Payment Form
☐ Application for Payment Report
☐ Return to Main Menu

圖 4-65 執行估驗計價管理

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

Application for Payment Report

<i>Payment Application ID</i>	120190628
<i>Project</i>	Dormitory Building
<i>Owner</i>	SM Construction Company
<i>Period Ending</i>	2004/3/31
<i>Contract Work</i>	Building
<i>Contract No</i>	093015
<i>Prepared By</i>	Steven Chen
<i>Original Contract Amount</i>	\$2,000,000,000.00
<i>Total Completed To Date</i>	\$200,000,000.00
<i>Total Retainage</i>	\$100,000,000.00
<i>Total Completed Less Retai</i>	\$100,000,000.00
<i>Less Previous Applications</i>	\$50,000.00
<i>Current Payment Due</i>	\$99,950,000.00

圖 4-66 產製估驗計價管理報告

(圖片來源：本計畫研究人員操作的螢幕截圖)

第五章 結論與建議

第一節 結論

本計畫研擬一建築工程 ERP 系統架構及研發一離型系統，並整合 BIM 及筆者先前研發之工作分解結構系統(於本研究中與「建築工程 ERP 系統」整合成「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」)[1]及資源分配及時程規劃系統[2]，成一應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構，及研發一整合型的離型系統。應用 BIM 於建築工程 ERP 系統架構主要執行步驟如下：(1) 自 BIM 模型獲取 BIM 非幾何資訊；(2) 於「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」依工項彙整出各工項數量(可評估是否增加耗料數量)及空間等基本運算資料；(3) 於「資源分配及時程規劃系統」自行設定工程目標及工程限制條件，透過系統自動發展出近乎最佳的資源分配、時程規劃及營建管理計劃；(4) 於「工作分解結構及建築工程 ERP 系統」匯入「資源分配及時程規劃系統」分析結果及輸入工程基本資料後，自動執行工程的預算管理、進度管理、人力管理、材料管理、設備管理、空間管理、工項管理、採購管理、會計管理、供應商管理、估驗計價管理及行政作業管理功能。

根據研究結果，本研究有四項建議，建議一為持續研究及推廣應用 BIM 於工程施工階段與維護管理階段；建議二為拓展結合 BIM 與離散事件模擬(Discrete-Event Simulation, DES)技術應用於建築工程施工階段資源分配及時程規劃之研究；建議三為拓展結合 BIM 與 ERP 應用於建築工程施工階段之研究；建議四為拓展結合 BIM、DES 技術及 ERP 應用於建築工程營建管理之研究。

第二節 建議

建議一

持續研究及推廣應用 BIM 於建築工程施工階段與維護管理階段：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

在公共工程委員會、本所、財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院、各機關學校 BIM 中心及 BIM 軟體廠商共同努力推廣下，BIM 於工程規劃設計階段之應用在本國已逐漸成熟。相對的，BIM 於本國工程施工階段與維護管理階段之應用範圍仍較小，大部分稍具規模工程僅應用於施工階段之 4D、虛擬實境及碰撞檢查，尚屬 CAD 應用範圍，僅少數大型工程或

高科技廠建置會搭配基本 BIM 模型資料管理，故建議加強 BIM 於本國工程施工階段與維護管理階段之深層應用研究，並將研究成果於國內業界推廣。

建議二

拓展結合 BIM 與離散事件模擬(Discrete-Event Simulation, DES)技術應用於建築工程施工階段資源分配及時程規劃之研究：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

BIM 模型本身具有相當豐富的工程基本資訊，但是 BIM 模型並未包含任何施工順序相關資訊，所以需要一工項時程規劃系統提供工項排程功能。傳統工項時程規劃系統決定各工項所需時間時常靠經驗或過往工程資料估計，然而每個工程都有其不同的工程條件(例如：工班數量、機具數量、材料數量、施工範圍、受限施工環境之施工效率等) 及不同最佳化目標(例如：最短施工時間、最低施工成本、有施工時間限制之最低施工成本等)，經驗或過往工程資料無法保證能適用於新的工程。

另外，傳統資源最佳化技術主要包括數學方法和啟發式方法。然而，數學模型由於公式複雜可能導致求得局部最佳解[3,4]。啟發式模型則是在不同情況下具有不同的有效性，因此無法適用於所有的工程案例。此外，使用者也無法針對給定的工程案例事先知道適用於何種啟發式模型。所以，啟發式模型無法保證獲得最佳解。啟發式模型不一致的解決方案已經導致商用工程管理軟體於資源調度功能間巨大分歧[5]。

電腦數值模擬分析是為真實系統設計一數學邏輯模型並在電腦上對該模型進行實驗的過程[6]。過程模擬的目標涵蓋生產力提升、風險分析、資源分配和現場規劃等範圍。經由對構成該過程之活動本身及活動間順序關係精確表示於模型中，建模者可以預估該過程最後成果的相關資訊和於某特定時間內完成該過程的機率。由於營建工程所需資源包括笨重且昂貴的設備，透過電腦數值模擬分析可以檢視各種可能的資源動態空間規劃選項，並從中挑選出最佳的資源動態空間規劃。施工建模需要使用各模型所定義的建模元素來表達及組成施工過程。電腦數值模擬分析可應用於動態性模擬分析施工過程隨時間產生的變化。

應用離散事件模擬(Discrete-Event Simulation, DES)技術於電腦數值模擬分析為協助使用者於施工管理過程中迅速做出決策分析的利器之一。精確建立施工過程模型後，可利用電腦數值模擬分析出較佳的替代方案及優化相關資源的動態空間規劃。然而，在建築業中應用電腦數值模擬分析技術於施工管理的案例幾乎很難找到，主要因為電腦數值模擬分析技術的複雜性和建築業人員缺乏該技術的相關知識，另一個可能的原因為需要針對不同的營建管理目標開發不同的電腦數值模擬模型。由於通常不同的工程會有不同的工項及工項間網絡關係，導致不同的工程需要使用不同的電腦數值模擬模型。另外，目前工程管理一般皆使用要徑法(Critical Path Method, CPM)技術做排程、時程控制，然而應用要徑法技術的電腦軟體與應用電腦數值模擬技術的電腦軟體間並不相容，因此想同時應用這兩種技術仍存在一個很大的技術門檻，也導致幾乎很難找到應用電腦數值模擬分析技術於建築業施工管理做排程、時程控制的案例。

綜上，建議研究開發一可匯入及應用 BIM 工程基本資訊，並與實際建築工程施工管理系統有極高相似性、可視覺化，且可靈活應用於不同工程與適用於不同施工管理目標的資源分配及時程規劃電腦數值模擬分析系統，以利將 DES 技術轉移到施工管理實際應用層面。

建議三

拓展結合 BIM 及 ERP 應用於建築工程施工階段之研究：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

資料準備是營建管理過程中非常重要的工作之一，並且是最耗時間及最困難的工作之一。雖然 BIM 模型本身具有相當豐富的工程基本資訊，但是 BIM 模型並無法提供工程施工階段所需之全部資訊(例如：施工階段之施工成本控管及材料採購控管等相關資訊)，ERP 可以促使建築施工管理流程自動化，補足 BIM 模型本身不足之處。

綜上，建議拓展結合 BIM 及 ERP 應用於工程施工階段之研究，以符工程施工階段之實際需求。

建議四

拓展結合 BIM、DES 技術及 ERP 應用於建築工程營建管理之研究：立即可行建議

主辦機關：行政院公共工程委員會、內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心、財團法人臺灣營建研究院

如建議二及建議三所述，拓展結合 BIM 與 DES 技術應用於建築工程施工階段資源分配及時程規劃之研究，及拓展結合 BIM 與 ERP 應用於建築工程施工階段之研究，皆有其實際需求。為能提升應用效率，上述功能各資料間移轉須能儘量自動化或半自動化，故建議研發整合上述功能成一完整系統。

綜上，建議拓展整合 BIM、DES 技術及 ERP 功能成一完整系統，應用於建築工程營建管理之研究，使上述功能各資料間移轉能儘量自動化或半自動化，以提升應用效率。

參考書目

- [1] 陳士明 (2017). 應用 BIM 於建築工程之資源分配及時程規劃策略研究, 內政部建築研究所.
- [2] 陳士明 (2018). 應用 BIM 及 AI 之建築工程資源分配及時程規劃系統研發, 內政部建築研究所.
- [3] Li, H., and Love, P. (1997). "Using improved genetic algorithms to facilitate time-cost optimization." J. Constr. Eng. Manage., 123(3), 233–237.
- [4] Hegazy, T. (2002). "Computer-based construction project management," Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J.
- [5] Hegazy, T. and El-Zamzamy, H., (1998) "Project Management Software that Meet the Challenge," Cost Engineering, AACE International, Vol. 4, No. 5, pp.25-33.
- [6] Sawhney, A., Abudayyeh, O., and Chaitavatputtiporn, T. (1999) Modeling and Analysis of a Concrete Production Plant using Colored Petri Nets. Journal of Computing in Civil Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), To Appear in July 1999 Issue.
- [7] Azhar, S., Justin Brown and Farooqui, R. (2008) : BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software: College of Architecture, Design and Construction at Auburn University, Auburn, Alabama - White paper.
- [8] O'Conner, J.T., and Dodd, S.C. (1999). "Capital Facility Delivery with Enterprise Resource Planning Systems" Rep. No. 8, Center for Construction Industry Studies, University of Texas, Austin, Tex.
- [9] O'Conner, J. T., and Dodd, S. C. (1999). "Capital facility delivery with enterprise resource planning systems." Rep. No. 8, Center for Construction Industry Studies, University of Texas, Austin, Tex.
- [10] Jacobs, F. R., and Whybark, D. C. ~2000!. Why ERP? A primer on SAP implementation, McGraw-Hill, New York.
- [11] Hare, D. (1999). "Succeeding with ERP." Manuf. Eng., 78(2), 65–67.
- [12] Kwak, Y.; Park, J.; Chung, B.; Ghosh, S. (2011) Understanding End-Users' Acceptance of Enterprise Resource Planning (ERP) System in Project-Based Sectors: , IEEE Transactions on Engineering Management Vol: PP Issue:99, pp 1 - 12
- [13] Willcocks, L.P., and Sykes, R. (2000). "The Role of the CIO and IT Function in ERP" Communications of the ACM, Vol. 43 (4), p. 32-38.

- [14] TATARI, O., CASTRO-LACOUTURE, D. and SKIBNIEWSKI, M. 2007. Current state of construction enterprise information systems: survey research. *Construction Innovation*, 7, 310-319.
- [15] TATARI, O., CASTRO-LACOUTURE, D. and SKIBNIEWSKI, M. J. 2008. Performance evaluation of construction enterprise resource planning systems. *Journal of Management in Engineering*, 24, 198-206.
- [16] Chung, B. Y., Skibniewski, M. J. and Kwak Y. H. (2009). Developing ERP Systems Success Model for the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135, 207-216.
- [17] Chung, B. Y., Skibniewski, M. J., Lucas JR, H. C. and Kwak, Y. H. (2008) Analyzing Enterprise Resource Planning System Implementation Success Factors in the Engineering--Construction Industry. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 22, 373-382.
- [18] 陳建忠, 施宣光(2015). 臺灣 COBie-TW 標準與使用指南規劃與雛型建置, 內政部建築研究所.
- [19] Koo, Bonsang and M. Fischer, Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction, ", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 126(4), July/August, 2000, pp. 251-260.