

國立交通大學

工學院工程技術與管理學程

碩士論文

BIM 建築資訊模式應用於估算作業之研究

—以房屋結構為例

Application of BIM on Construction Cost Estimation for
Reinforcement Concrete Buildings

研究生：林熙聖

指導教授：洪士林博士

中華民國九十九年三月

BIM 建築資訊模式應用於估算作業之研究

—以房屋結構為例

Application of BIM on Construction Cost Estimation
for Reinforcement Concrete Buildings

研究生：林熙聖

Student : Hsi-Sheng Lin

指導教授：洪士林 博士

Advisor : Dr. Shih-Lin Hung

國立交通大學

工學院工程技術與管理學程



Submitted to Degree Program of Engineering Technology and Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Engineering Technology and Management

March 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年三月

BIM 建築資訊模式應用於估算作業之研究

—以房屋結構為例

學生：林熙聖

指導教授：洪士林 博士

國立交通大學工學院工程技術與管理學程

摘要

營建物生命週期遭遇的問題包括:設計過程中,任何的變更無法同時自動更新相關 2D 圖面;施工階段時,相同的資料不斷重複輸入,且資料無法有一致性的管理;相同的圖面不斷進行重複的修改與儲存,無法有充足的時間來校正新的圖面;相同的工作團隊,無法對整體工程有相同的理解;無一家軟體廠商能夠提供一個能涵蓋全營建生命週期的應用系統,也無一件工程單靠一家公司的軟體便可完成全部的工作;及於領投標報價階段無法以最快速的方法準確估算工程數量。為解決上述問題,國際協同工作聯盟 IAI,以建築模型資訊 BIM (Building Information Model) 的概念,訂定資訊交換標準 IFC (Industry Foundation Classes), IFC 已是工程領域常用的標準格式之一。本研究之目的主要探討在營造階段取得 IFC 檔案後,利用以 BIM 系統為基礎之 ArchiCAD 12 繪圖軟體採用不同構件優先模式建立模型,以探討其數據讀取所存在的問題,及結合 IFC 之繪圖軟體自動計算數量,評估其估算效益與數量正確性。本論文將採用一支柱、一片牆的三種組合型態及一個包含筏基層與地面二層加屋突層之建築模型案例,利用 IFC 所產生之數量,以人工驗算與 AACCC 估算軟體進行測試。研究結果證實 IFC 是一種有效率且具準確性的工具。此外,再以 IFC QuickBrowser 擷取由 IFC 資訊交換標準所產生的 Schema,探討營建生命週期中對此資訊內容的需求狀況。結果亦顯示 IFC 資訊內容在建築設計階段是滿足需求的,但在營造施工階段卻是明顯不足。

關鍵字：營建生命週期、建築資訊模型、IAI、BIM、IFC

Application of BIM on Construction Cost Estimation for Reinforcement Concrete Buildings

Student : Hsi-Sheng Lin

Advisor : Dr. Shin-Lin Hung

Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

For a building-construction life-cycle, there are several issues have to be addressed, including (a) any modification-design in analyzing model unable to automatically and simultaneously update the original 2D drawing; (b) corresponding data cannot be managed consistently and need to re-input the same data at every project stages; (c) reiteratively modifying-and-saving the same drawing thus without enough time to prove and correct of new drawing; (d) variant group members (engineers) for a project unable to perceptive the whole project under 2D drawings; (e) no any computer system (software) can be employed to solve a complicated construction project as well as all projects cannot solved via one computer system; and (f) unable to estimate construction-cost promptly while bid tenders. In order to solve these problems, the IAI provides an information exchange standard, IFC (Industry Foundation Classes), with the concept of BIM (Building Information Model) for the field of construction. Currently, IFC has been recognized as a common standard in construction engineering field.

The aim of this study is after obtaining IFC files of a construction project, employing the BIM-based ArchiCAD 12 drawing system to build the building model with different components-priority, and estimating the accuracy of the component-quantity calculated via IFC information. Finally, the advantages of the scheme are evaluated and discussed. This work will compare the quantities computed by IFC information manually with those obtained by AACC estimate software. Three different cases are employed in the work, one single column, one wall with particular planning model of grassroots level, and a two-storey building with one overhead floor. In addition, the corresponding IFC schemas are retrieved through IFC QuickBrowser to explore the demand information for their construction life cycle. Based on three cases, simulated results show that BIM model with IFC information can provide satisfactory information in the design stage, but is insufficient in construction phase.

Keyword : *building-construction life-cycle, Building Information Model, IAI, BIM, IFC*

誌謝

本論文得以順利完成，首先要感謝恩師 洪士林博士的啟發與指引，在研究的過程中，讓我感受到恩師教學的熱忱，更給我很大的研究自由空間，使我能夠充分結合工作特性發揮所長，同時也不厭其煩細心指導、糾正缺失與鼓勵，本研究之能順利完成，師恩似海、永誌不忘。

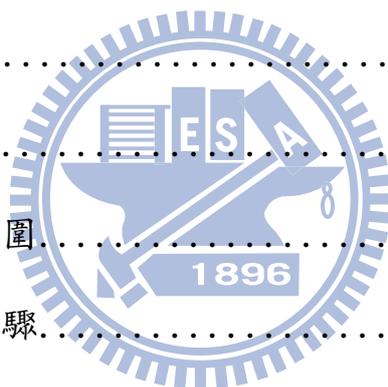
論文計畫審查與口試期間，承蒙鄭復平教授、黃炯憲教授、林昌佑教授與詹君治教授，於百忙之中對論文內容提供寶貴的指正與建議，使本論文能減少疏漏而更臻完備，亦使本論文的方向更加清晰與明確，在此表達最由衷的謝意。

論文研究與撰寫期間，特別感謝校內曾仁杰教授、李姿瑩同學、龍庭資訊陳慶祥總經理、高瀚經理、姜昱君小姐、歐亞電腦葉紓攸小姐、大彥結構技師事務所張宏成總經理、羅遠智經理、冠輝營造崔玉坤董事長、張立德技師、吳鑑勤主任與劉淑娥小姐，熱心提供寶貴的研究資料與實務面的技術協助，使研究生涯充滿溫馨。

最需要感謝的是我的家人，賢妻雅芬的愛與鼓勵、支持與奉獻及在這段期間無怨無悔的付出和配合，一雙可愛女兒昭惠、昭蓉的貼心與乖巧，得以讓我無後顧之憂，能全心投入論文研究之上。謹以今日成果獻給每一位支持、鼓勵我的師長、同學、同事、朋友與家人，在此致上無限感激。

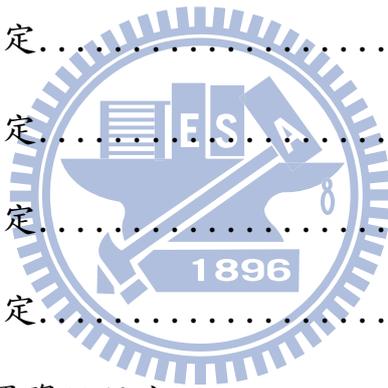
目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	Viii
圖目錄.....	ix
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機.....	3
1.3 研究目的與範圍.....	4
1.4 研究方法與步驟.....	4
1.4.1 研究方法.....	4
1.4.2 研究步驟.....	5
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 BIM 相關之著作與文獻.....	6
2.2 IFC 相關之文獻性.....	8
2.3 工程數量估算相關之文獻.....	11
第三章 研究相關知識.....	14
3.1 營建資訊交換標準之發展.....	14

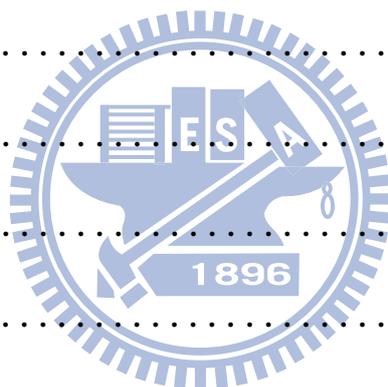


3.1.1 資訊交換標準之需求.....	14
3.1.2 資訊交換標準-文件資訊.....	15
3.2 物件導向技術(Object Oriented Program, OOP)	18
3.2.1 何謂物件導向技術 OOP.....	18
3.2.2 物件導向技術的應用.....	18
3.3 建築資訊模型化(Building Information Model, BIM)	19
3.3.1 BIM 建築資訊模型化介紹.....	19
3.3.2 傳統 CAD 方法與 BIM 建築資訊模型比較.....	20
3.4 資訊交換標準 (Industry Foundation Classes, IFC)	21
3.4.1 IAI/Building Smart.....	21
3.4.2 IFC 發展.....	23
3.4.3 IFC 架構.....	23
3.4.4 IFC 資訊內容.....	25
3.4.5 IFC 資訊讀取介面.....	26
3.4.6 IFC Schema 語法規則.....	26
3.4.7 IFC 類別內容.....	27
3.4.8 IFC 圖檔特性.....	35
3.4.9 IFC 幾何形狀描述.....	36
第四章 系統架構分析.....	38
4.1 設計自動化發展.....	38

4.2 傳統 CAD 系統繪圖.....	39
4.2.1 柱.....	39
4.2.2 梁及牆.....	40
4.2.3 版.....	41
4.2.4 傳統 2D 圖.....	41
4.2.5 傳統 3D 圖.....	42
4.3 BIM 系統繪圖.....	43
4.3.1 樓層資訊設定.....	44
4.3.2 柱資訊設定.....	45
4.3.3 梁資訊設定.....	46
4.3.4 牆資訊設定.....	46
4.3.5 版資訊設定.....	47
4.3.6 柱、梁位置資訊設定.....	47
4.4 BIM 系統構件繪圖影響.....	48
4.4.1 遵循柱梁優先式繪圖.....	48
4.4.2 違反柱梁優先式繪圖.....	49
4.4.3 ArchiCAD 繪圖展示.....	49
4.5 小結.....	50
第五章 實作與分析.....	51
5.1 前言.....	51



5.2 模型建立與數據擷取.....	52
5.2.1 模型建立.....	52
5.2.2 數據擷取.....	52
5.3 數量計算差異分析.....	53
5.4 實例計算.....	55
5.4.1 AACC 估算系統介紹.....	55
5.4.2 數據分析.....	55
5.5 IFC-schema 差異分析.....	56
第六章 結論與建議.....	58
6.1 結論.....	58
6.2 建議.....	59
參考文獻.....	60
附件.....	123



表目錄

表 1-1-1 契約爭議類型統計表【6】.....	63
表 3-3-1 導入BIM的效益.....	64
表 3-4-1 BIM 系統整理.....	65
表 3-4-2 IFC 發表時程.....	66
表 3-4-3 建築元件與 IFC Schema 對照表.....	66
表 3-4-4 IfcProject 屬性資料內容.....	67
表 3-4-5 IfcSite 屬性資料內容.....	67
表 3-4-6 IfcBuilding 屬性資料內容.....	68
表 3-4-7 IfcBuildingStorey 屬性資料內容.....	68
表 3-4-8 IfcBeam 屬性資料內.....	68
表 5-2-1 牆柱分離組分基本數量表.....	69
表 5-2-2 牆貼柱組分基本數量表.....	69
表 5-2-3 牆嵌入柱組分基本數量表.....	70
表 5-3-1 組分基本數量比較表.....	70
表 5-4-1 實例計算數量比較表.....	71

圖目錄

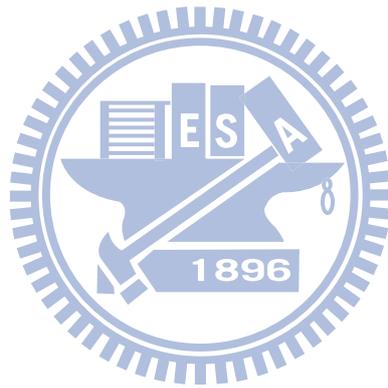
圖 1-1-1 生命週期的基本理念.....	72
圖 1-1-2 層級式資訊交換網絡【1】.....	72
圖 1-1-3 工程資訊未標準化情形【2】.....	73
圖 1-1-4 工程資訊標準化情形【2】.....	73
圖 1-1-5 自動化資訊孤島【3】.....	74
圖 2-3-1 估價作業流程圖.....	74
圖 2-3-2 柱梁優先方式圖例.....	75
圖 2-3-3 樓版優先方式圖例.....	75
圖 3-1-1 人與人之間的資訊交換標準【13】.....	76
圖 3-1-2 電腦與電腦之間的資訊交換標準【13】.....	76
圖 3-1-3 產業資料交換標準架構示意圖.....	77
圖 3-3-1 生命週期影響力與變更成本.....	77
圖 3-3-2 BIM 資料累積傳遞【18】.....	78
圖 3-3-3 傳統設計作業流程.....	78
圖 3-3-4 導入 BIM 後之設計工作流程.....	79
圖 3-4-1 國際協同工作聯盟 IAI 組織成員分佈圖【21】.....	79
圖 3-4-2 以 BIM 概念結合 IFC 模型標準之繪圖軟體【21】.....	80
圖 3-4-3 IAI/Building Smart【3】.....	80
圖 3-4-4 IFC 發展圖【24】.....	80

圖 3-4-5 IFC 2x3 【24】	81
圖 3-4-6 IFC 架構圖 【19】	81
圖 3-4-7 IFC 參照原則.....	82
圖 3-4-8 IFC 資訊架構圖.....	83
圖 3-4-9 IFC 圖檔之建築物件關係示意.....	83
圖 3-4-10 以 WordPAD 開啟 IFC 資訊內容.....	84
圖 3-4-11 以 IFC QuickBrowser 開啟 IFC 資訊內容.....	84
圖 3-4-12 以 IFC Engine Viewer 開啟 IFC 資訊內容.....	85
圖 3-4-13 完整 IFC 檔必要類別樹狀圖.....	85
圖 4-2-1 AutoCAD 繪製 傳統 2D 平面圖.....	86
圖 4-2-2 AutoCAD 繪製 傳統 2D 立面圖.....	87
圖 4-2-3 AutoCAD 3D 線架構模型 【29】	88
圖 4-2-4 AutoCAD 3D 線架構模型查詢圖 【29】	88
圖 4-2-5 以 AutoCAD 繪製 傳統 3D 立面圖.....	89
圖 4-3-1 ArchiCAD12 樓層設定.....	90
圖 4-3-2 ArchiCAD12 樓層設置.....	91
圖 4-3-3 ArchiCAD12 柱設定.....	92
圖 4-3-4 ArchiCAD12 柱默認設置.....	93
圖 4-3-5 ArchiCAD12 梁設定.....	94
圖 4-3-6 ArchiCAD12 梁默認設置.....	95

圖 4-3-7	ArchiCAD12 牆設定.....	96
圖 4-3-8	ArchiCAD12 牆默認設置.....	97
圖 4-3-9	ArchiCAD12 版設定.....	98
圖 4-3-10	ArchiCAD12 版默認設置.....	99
圖 4-3-11	ArchiCAD12 單柱 2D 平面圖.....	100
圖 4-3-12	ArchiCAD12 單柱 3D 立面圖.....	100
圖 4-3-13	ArchiCAD12 單梁 2D 平面圖.....	101
圖 4-3-14	ArchiCAD12 單梁 3D 立面圖.....	101
圖 4-3-15	ArchiCAD12 單牆 2D 平面圖.....	102
圖 4-3-16	ArchiCAD12 單牆 3D 立面圖.....	102
圖 4-3-17	ArchiCAD12 單版 2D 平面圖.....	103
圖 4-3-18	ArchiCAD12 單版 3D 立面圖.....	103
圖 4-4-1	ArchiCAD 柱梁優先模式 2D 平面圖.....	104
圖 4-4-2	ArchiCAD 柱梁優先模式 2D 剖面圖.....	104
圖 4-4-3	ArchiCAD 柱梁優先模式 3D 線框圖.....	105
圖 4-4-4	ArchiCAD 柱梁優先模式 3D 立面圖.....	105
圖 4-4-5	ArchiCAD 柱梁版嵌入模式 2D 平面圖.....	106
圖 4-4-6	ArchiCAD 柱梁版嵌入模式 2D 剖面圖.....	106
圖 4-4-7	ArchiCAD 柱梁版嵌入模式 3D 線框圖.....	107
圖 4-4-8	ArchiCAD 立面相同裝修材 3D 外觀圖.....	107

圖 4-4-9	柱梁版嵌入繪圖模式 立面不同裝修材 3D 外觀圖.....	108
圖 4-4-10	ArchiCAD 實例 2D 平面圖.....	108
圖 4-4-11	ArchiCAD 實例 2D 立面圖.....	109
圖 4-4-12	ArchiCAD 實例 2D 剖面圖.....	109
圖 4-4-13	ArchiCAD 實例 3D 線框實例圖.....	110
圖 4-4-14	柱梁優先模式 3D 結構圖.....	110
圖 4-4-15	ArchiCAD 實例 3D 外觀展示圖.....	111
圖 4-4-16	ArchiCAD 實例 3D 外觀干擾圖.....	111
圖 5-2-1	牆柱分離 3D 示意圖.....	112
圖 5-2-2	牆柱分離 3D 線框圖.....	112
圖 5-2-3	牆貼柱 3D 示意圖.....	113
圖 5-2-4	牆貼柱 3D 線框圖.....	113
圖 5-2-5	牆嵌入柱 3D 示意圖.....	114
圖 5-2-6	牆嵌入柱 3D 線框圖.....	114
圖 5-3-1	牆資訊查詢.....	115
圖 5-3-2	牆寬度及高度顯示.....	115
圖 5-3-2	牆長度顯示.....	115
圖 5-4-1	AACC 平面柱編輯顯示.....	116
圖 5-4-2	AACC 平面梁編輯顯示.....	116
圖 5-4-3	AACC 平面版編輯顯示.....	117

圖 5-4-4	AACC 計算式.....	118
圖 5-4-5	AACC 模板計算結果.....	119
圖 5-4-6	ArchiCAD 模板計算結果.....	119
圖 5-4-7	AACC 混凝土計算結果.....	120
圖 5-4-8	ArchiCAD 混凝土計算結果.....	120
圖 5-5-1	IFC-Schema 差異內容-1.....	121
圖 5-5-2	IFC-Schema 差異內容-2.....	122



第一章 緒論

1.1 研究背景

建築物從評估設計、營造施工、營運管理直到報廢拆除形成一個長達數十年甚至上百年的生命週期(Life Cycle) 如圖 1-1-1, 建築物之生命週期間參與者遍及多種專業層面, 營建工程的信息交換與共享成為工程項目的主要活動之一如圖 1-1-2【1】, 解決信息交換與共享問題的關鍵在於標準, 有了標準各種數據便可在不同的系統之間準確且流暢的傳遞起來, 如圖 1-1-3 及圖 1-1-4 【2】, 所以資訊的儲存、交換與共享就顯得格外重要。

營建生命週期每一個工作環節都需要不斷重複進行估算作業, 但至今尚無哪一家軟體廠商能夠提供一個能涵蓋建築物全生命週期的應用系統, 也無哪一件工程僅靠一家軟體產品便可完成全部的工作, 因此營建資訊不斷因「信息斷層」而造成「信息流失」, 也因不能實現「信息共享」, 而造成「信息孤島」如圖 1-1-5 【3】, 所以目前避免資料傳遞時發生錯漏造成財務和時間上的損失, 已是先進國家之營建業發展的重點工作。

依據美國 NIST (National Institute of Standards and Technology) (Gallaher 2004) 對於美國建築業的調查, 在 2002 年因資訊交換障礙浪費的總營造費用約 158.24 億美金, 約占當年度總營造費用的 4.25%【1】, 英國(Latham Report)報告指出一個建築項目成本的 30%會損失在工程建設項目的破碎過程和通訊上【4】, 在絕大多數的情況下, 工程的信息交換

與共享是依賴人工來完成的。因此導致”人”成了不同系統間溝通的橋樑，我們可以想見以手工完成信息交換的效率及品質，因為「人為疏失」是造成工程估價錯誤最大的主因【5】，又 2003 國內契約爭議類型統計所示如表 1-1-1【6】，承攬數量與契約不符者佔 16.7%高居第二位，且有逐年升高的趨勢，故工程爭議中「數量差異」就佔有相當高的影響比例。

國際協同工作聯盟 IAI(International Alliance for Interoperability) 自 1995 年 10 月成立後，便積極推廣由美國喬治亞理工學院 C.M.Eastman 教授於 1970 年代末期所提出之建築資訊模型(BIM, Building Information Model)概念，BIM 將整個生命週期內所有的資料與訊息都存在這個以 3D 物件代表建築物各構件的資料模型中，所以 BIM 成為一個資料庫與知識庫，建築生命週期裡任何領域或軟體都可在此獲得所需的資料與資訊。

BIM 的標準儲存格式即是資訊交換標準 IFC(Industrial Foundation Classes)。IAI 組織為了提高工程設計的效率及正確性，推動以工程應用領域為主的資訊標準 IFC，在設計過程中不同的專業領域，如建築設計、成本估價、營建管理等，工程的資料與訊息透過 IFC 的儲存與傳遞，便可達成資訊共享與再利用。IFC 資料標準的出現解決了訊息交換與共享的問題，並已成為國際間接受的工程數據交換標準，國際間許多工程應用軟體公司都已陸續提供 IFC 格式資料的輸出輸入介面，由此可知 IFC 已成為 BIM 的資料交換格式及建構 BIM 的基礎，故 IFC 標準的推行勢在必行。

1.2 研究動機

以往 CAD 繪圖軟體是用點、線、標注或註解等 2D 概念方式來描述物體，但在 BIM 概念的大力推展下，許多 CAD 繪圖軟體已運用 BIM 將圖形資料與文字資訊建立在一個 3D 的建築模型內，如此每一個物件中的資訊都變成有意義的物件屬性，但因 2D 與 3D 繪圖技術建立於完全不同的觀念之上，其中 3D 模型外觀因繪圖方式不同及裝修材料設定所產生的顏色干擾現象是值得探討的地方。

在生命週期中營造階段的估算作業，目前大多為取得設計圖面後，經由人工判讀圖面及相關資料，再將資訊以人力鍵入估算軟體中，經由運算獲得所需之數量，其中因人工作業所產生之工時耗費與錯誤機率，均降低競爭力與影響數據的正確性。因 BIM 是將物件導向的概念運用於 CAD 繪圖軟體上，經由 IFC 繪圖軟體便具有自動數量計算的能力，不需另外依賴估算軟體便可計算如結構體模板面積、混凝土體積或裝修面材的面積甚至單獨點算之門窗、爬梯、欄杆等數量，對於採用 BIM 之繪圖軟體進行數量估算所產生的效益與因前述 3D 模型外觀顏色干擾現象及對數量計算結果的正確性是否有所影響，本研究可提供估算人員參考。

再者，本研究希望藉由案例擷取 IFC 資訊交換標準所產生的 Schema 資訊內容，以探討營建生命週期中設計與營造階段對此 IFC—Schema 資訊內容的需求狀況。

1.3 研究目的與範圍

綜合上述動機，本研究將探討在營造階段取得 IFC 相關檔案後，利用以 BIM 系統為基礎結合 IFC 之 ArchiCAD 12 繪圖軟體採用不同構件優先模式建立模型，利用 IFC 所產生之數量，以人工驗算與 AACC 估算軟體進行測試，以探討其數據讀取所存在的問題。接著以結合 IFC 之繪圖軟體自動計算數量，以評估其估算效益與數量正確性。此外，再藉由 IFC QuickBrowser 擷取由 IFC 資訊交換標準所產生的 Schema 內容，以探討現有 IFC Schema 在估算上的問題。

本研究將採用一支柱及一片牆二種構件作三種接合型態組合及一包含筏基層、地面 2 層另加樓梯間及屋突層之建築模型案例進行測試，範圍僅針對案例結構體之面積與體積進行計算，鋼筋計算則不在本範圍內。

1.4 研究方法與步驟

本論文研究之方法及步驟分述如下。

1.4.1 研究方法

1、模型建立分析

先行比較 AutoCAD 2007 與 BIM 系統之 ArchiCAD 12 繪圖模式，再以 ArchiCAD 軟體依不同構件優先模式建立模型，再經不同裝修材質顏色設定後，使物件外觀因顏色不同產生明顯之區隔或使其產生干擾現象。

2、數據擷取比對

經由 ArchiCAD 繪圖軟體自動轉出計算數量後，並以人工驗算數量正確性，再以 AACCC 估算系統交互比對數據結果。

3、IFC-schema 資訊分析

針對 IFC 資訊內容，運用 IfcQuickBrowser 獲得相關 Schema 內容，擷取相同代碼但不同參數之 Schema，進行 Schema 內容差異分析。

1.4.2 研究步驟

- 1、第一階段：研究相關的文獻資料
- 2、第二階段：參酌繪圖與估算的實務作法
- 3、第三階段：IFC 資料分析與運用
- 4、第四階段：確定論文之整體架構
- 5、第五階段：案例實作
- 6、第六階段：成果分析與比較
- 7、第七階段：未來研究方向與撰寫論文



第二章 文獻回顧

在文獻回顧方面本章將就與本論文相關的 BIM、IFC 及工程數量估算相關之著作或文獻進行回顧與探討

2.1 BIM 相關之著作與文獻

建築資訊模型 BIM 是目前廣為被採用的觀念，所以近期與該部份相關之著述、手冊及文獻較多，本研究僅列舉部份具代表性之著作或文獻如下：

謝尚賢、康仕仲等(2009) Revit 在建築工程的應用【17】，此書說明 BIM 的概念將以往整合設計、管理與更新設計營造資料、維護設計文件一致性等工作負擔，從人力移轉到電腦，利用 BIM 可以加強相關聯資料的整合，減少資訊管理與溝通的錯誤，且縮短圖說及文件管理的時間，此外，BIM 的 3D 模型視覺化呈現幫助專案人員更有效率的了解設計內容提早發現設計衝突，及控制圖面的誤差及錯誤，且建築設計資料可以有效的再利用以縮短設計時間，進而降低設計成本。

鄧挺發(2009)BIM-3D 在建築設計之應用【9】，此研究主要探討建築設計各環節可能遇到的問題，研究中以 Revit Architecture 為例說明，將各階段與 BIM 相關的之協同作業進行描述與分析。

陳志文(2009)BIM-3D 在結構設計之應用【10】，此研究主要提供一套能解決從軟體選擇、資料交換等問題之軟體、研究採用了 Tekla Structures，運用其『多工模式』允許多個用戶同時對同一個 3D 實體模

型同時操作』，Tekla Structures 目前整合 SAP2000、Stadd.pro、RFEM/RSTAB、S-FRAME，研究中以 SAP2000 進行整合設計一鋼構案例進行分析，目的將所有材料、結構及工程的資訊集中為一個整體來管理，而不是聚集在不相吻合的獨立片段，讓模型物件及其他相關的文件資料具有一致。

李宜謙、林祐正(2009)資訊模型(BIM)應用於物業設備維護管理之初探【33】，此研究主要在探究 BIM 概念於建築之設備維護管理之應用，應用 Tekla Structures 軟體進行導入應用，並利用 BIM 概念的 4D 時間關係軸線，應用 Tekla Structures 中的時程進度管理功能，進行建築物的設施及設備維護管理，且加以分析其優勢及限制。

林明星、陳俊嘉等(2009)BIM-3D 在干涉檢查及碰撞偵測之應用【34】，此研究在探討 BIM-3D 在干涉檢查及碰撞偵測之應用，利用 Autodesk 的 Navisworks Manage 系統項下之 Clash Detective 來確認、檢驗和列舉 3D 模型的錯誤與疏失，其中 Self Intersect 自體相交共分為檢查 1.Hard 硬碰撞 2.Clearance 間隙碰撞及 3.Duplicates 同類碰撞三種碰撞方式，讓設計者可於複雜的 3D 環境裡快速且容易的執行衝突檢查，但干涉之排除往往是跨系統之介面協調工作，就涉及到組織的運作方式，不同的組織架構，可能導致不同的協調結果。

2.2 IFC 相關之文獻

因 BIM 觀念已被廣為接受，所以 IFC 建築資訊交換標準也同時受到矚目，近年來研究 IFC 與 BIM 的相關應用與文獻也就逐漸增多，本研究亦僅列舉幾篇 IFC 相關的研究的內容如下：

潘秉嘉(2000)建築圖形資訊標準於營建業電子商務之應用研究

【25】，此研究嘗試應用 IFC 資訊標準建立營建檔案資訊之網路共享機制，應用互動網頁(ASP,Active Server Pages)撰寫 IFC 文件剖析器(Parser)和檔案轉換程式，使 IFC 圖檔資料能在網路上解讀，並利用虛擬實境模型語言(VRML,Virtual Reality Modeling Language)在瀏覽器上以 3D 形式展現；並建立 IFC 網路共享資料庫始 IFC 圖檔的物件屬性(attribute)及參數資料能透過資料庫進行存取。

李兆平(2001)建築設施在營運與維護階段資訊共享-以學校教室為例

【15】，此研究針對建築設施在營運與維護階段內各項作業，參與人員及所需求資訊加以分析探討，提出一資訊共享模型，使得參與各項作業的人員能更有效率的獲得所需求的資訊，透過 IFC、XML 等資訊標準來建立標準化的電子化資訊，搭配共享資料庫及網際網路傳遞，以解決資訊更新不易及版本衝突的情況，提升營運與維護的工作效率。

李雲貴(2006)基於國際標準 IFC 的建築設計及施工管理系統研究

【4】，此研究為中國大陸進行三項 IFC 的研究成果發表，即 1.IFC2X 平

台規範研究、2.基於 IFC 標準的 CAD 軟體系統原型研究及 3.基於 IFC 標準的 4D 施工管理系統原型研究，此研究主要在於實現 PKPM 建築設計軟體與 IFC 建築資訊標準之間的數據交換與共享，此研究中利用挪威提供的 EDM 開發平台，開發了 PKPM 的 SPACE 模型的 IFC 輸入輸出端口軟體，並在生成 IFC 文件時做了優化的工作，此優化工作主要在減少 IFC 重複的語句，比較經優化的 IFC 語句數量與未經優化的 IFC 語句數量，比較結果經優化的 IFC 語句數量減少了三分之一。

樊啟勇(2007)IFC 資料標準之結構物資訊擷取與建立【26】，此研究以 Fortran 程式語言擷取 IFC 內物件資訊並格式化輸出。探討三大繪圖軟體 Autodesk 公司的 Revit、Bentley 公司的 Architecture 及 Graphisoft 公司的 ArchiCAD 所宣稱支援 IFC 格式之軟體，比較三者之間對 IFC 資訊之相容性與交換性問題，最後以 Visual Basic 程式語言建立 IFC User 視窗程式，用以提供 IFC 資料擷取與建立程式的輸入與輸出介面，提供選擇要建立的物件類型、斷面形狀、坐落座標等 IFC 模型資訊。

蔡志偉(2007)IFC 建築資訊內容應用於結構分析資料擷取【27】，此研究內容主要針對結構分析所需資料進行擷取，並建立結構分析部份資訊，以節省在結構分析時重複建置模型資訊的時間提高效率，此研究為瞭解 IFC 資料結構內容，以 Matrix Analysis Structures 為分析資料格式並使用 JAVA 語言撰寫程式，將建立的 IFC 資訊內容中描述梁、柱等結構元件

分成 ID、Name 和屬性資料進行資料抽取，於後續程式進行演算取得需求資料，再運用 ArchiCAD 建立模型並取得 IFC 資訊檔案格式，進程式撰寫部分的驗證-資料抽取及演算過程中是否有錯誤需修正。

沈秉廷(2007)運用物件導向技術於 IFC 建築資訊【23】，此研究以物件導向的觀點探討 IFC 規格設計與實作方式，介紹兩種 IFC 實體檔案存取應用程式介面，並探討其 IFC 資訊存取方式。並運用物件導向技術，撰寫程式將 IFC Entity 規格轉換為 .Net Framework 類別，再以類別庫封裝。最後使用所建置之類別庫開發以 Plug-In 為架構的 IFC BIM 系統，並開發一些 Plug-In 元件示範如何應用類別庫，包含 3D 建築模型瀏覽、建築物框架建模、樑柱斷面資訊瀏覽等等外掛 Plug-In 元件。

周承禹(2008) 應用 IFC 於規範自動審查系統- RC 柱構件之研究

【19】，此研究深入介紹新加坡的 CORENET 系統，利用 TNO 公司所提供的應用程式介面(API) –IFC Engine OCX&DLL 來解析(parse)IFC 檔案的函數，並開發一個營建規範自動審查系統，以我國現行的建築規範為審查準則，將 3D 模型圖檔傳入系統，作與規範比對的各項審核，此研究重點以「RC 柱構件」作為規範審查的對象，將柱構件的相關規範內容寫入系統。並用 C 程式語言撰寫一個程式用來設計鋼筋構件，該程式以 IFC 對鋼筋的定義之格式來儲存，此外，可藉由該程式，設計包含鋼筋的柱構件，傳入系統中做柱構件之柱配筋檢核。

2.3 工程數量估算相關之文獻

工程數量估算在營建生命週期佔有絕對的重要性，相關研究與著作亦極為普遍與廣泛，依本研究討論範圍僅列舉幾篇相關的研究與具指標性之著作，內容如下：

陳炳東(1979)建築估價(上冊)【7】，作者說明工程數量之要點為『迅速計算出正確的工程數量』，但所謂的正确數量，只要其集計數量有相當精度即可，並非對於每一計算均需要做精密之計算，工程估價作業一般依照分工作業進行，其作業流程如圖 2-3-1 所示，依說明得知『工程成本是由單價與數量之乘積所組成』，其中只有數量除了考慮損耗比率外是不會任意改變的。自流程圖中可知第一階段作業便佔全部估價作業 80%，此階段之作業全部與工程數量計算有關，由此可見工程數量計算在工程估價中佔有絕對的重要之地位。

王珏(1990)建築工程估價投標【35】，作者說明工程數量計算作業前須先訂定估算順序，以免項目遺漏或重複，數量計算之優先順序如下：

- 1、第一優先：結構及室內大數量之裝修。
- 2、第二優先：外牆、隔間及門窗。
- 3、其他：土方、擋土設施、其他裝修及雜項工程。

許帝旺(2003)營建工程自動化與視覺化估算系統之需求分析研究—

以鋼筋混凝土結構為例【12】，此研究說明工程估價係指整個估價作業中佔 95%作業量之估算作業，主要作業為將工程圖說各項細目計算後所得之數量，經過整理與集計後乘上適當合理的單價後即得各項細目之工程費，將所計算出之直接工程費及間接工程費合計即得總工程費，工程數量計算過程中之數量分類分為三種，即計測數量、計算數量及計列數量，其摘要內容如下：

- 1、計測數量：查閱設計圖上之尺寸(寬度、厚度、長度等)記入計算書。
- 2、計算數量：依計測數量計算面積(m²)、體積(m³)、重量(t)等。
- 3、計列數量：計算數量依項目類別集計，記入估價明細表內。

楊秉蒼(2004)營建自動化電子化【9】，此著作說明在估價三大元素(項目、數量、單價)中，以「數量計算」最為重要，且較難估計。主因為數量會因階段任務不同產生差異。

李健雄(2006)建築工程估價(工程數量計算編)【8】，此著作首先說明結構體主要由模板、鋼筋與混凝土組成，此三者於計算時可同時列式計算。但鋼筋部分因其於計算時，所需列之計算式較多且複雜，如果將其分開另外獨立列式計算，而不受三者同時計算時列式之限制，則會更為便捷。所以一般將模板與混凝土並列計算，鋼筋採獨立計算的方法來進行結構體數量計算，針對模板與混凝土的計算方法與選用原則說明如下：

1、計算方法

結構體之構件計算方法區分為柱梁優先算法與樓版優先算法及牆優先算法三種，但因牆優先算法僅適用於無梁柱之結構，所以通常於柱梁優先與樓版優先二種算法中擇一採用。此二種計算方法分述如下：

(1)、 柱梁優先算法

如圖 2-3-2 所示，在計算時優先計算柱的體積與面積，柱高以當層樓高計算，於計算梁時便扣掉柱之體積與面積，梁高不扣版厚，最後計算版時，再將版的體積與面積扣掉柱與梁的體積與面積。如此便可避免重複計算物件交接處的體積與面積，進而得到全部模板與混凝土的數量。

(2)、 樓版優先算法

如圖 2-3-3 所示，此方法與柱梁優先算法恰為相反，計算時先算版之體積與面積，計算柱時便扣除版之體積與面積，最後計算梁時，再將版與柱的體積與面積扣掉，可得到全部模板與混凝土的數量。

2、 選用原則

上述兩種算法雖可擇一採用，但亦有其運用原則，如結構體對稱整齊各層柱斷面同大，且尺寸標註明確清楚時，則採用柱梁優先算法較佳，如結構體不整齊、各層柱斷面不一樣、尺寸線又不明確時，則採用樓版優先算法較能減少麻煩。故建議只選用一種應用純熟並養成其計算步驟及列式程序之習慣，必能達事半功倍效果、減少漏算等錯誤發生。

第三章 研究相關知識

本章就營建資訊標準之發展過程、物件導向 OOP、建築資訊模型 BIM 及資訊交換標準 IFC 之內容進行探討。

3.1 營建資訊交換標準之發展

由於網路的興盛，資訊及網路科技的進步造成了企業管理的革新，龐大之電子資料使得資料處理自動化的需求日益增加，這兩類需求之達成有賴於資訊標準化【13】。而資訊標準化的意義在於採用一致的表達方式，進行資訊交換及共享，對於資訊交換標準之需求與文件資訊，分述如下。

3.1.1 資訊交換標準之需求

以往電腦尚未普及的時代，紙張成為資訊交換最重要的媒介。統一的表達格式（如工程藍圖、制式表格）即是以紙張為媒介的資訊交換標準，搭配人與人之間溝通與判讀，來擷取所需資訊。隨著電腦的普及，越來越多的作業使用電腦處理，大量資訊交換透過電腦來進行，以減少資料的重複輸入及判讀，以提高資訊處理的效率。以下分別就「人與人」及「電腦與電腦」之間資訊交換內容說明。

1. 人與人之資訊交換

目前營建產業中，雖然已有投入電腦系統輔助處理作業並搭配網際網路，但大多數的廠商仍以紙張、電話、傳真等作為資訊交換的主要媒介，採用紙張文件、電話及傳真作為資訊交換、傳遞的媒介就必需仰賴共通的

語言、共通的詞彙、制式表單與格式等標準，以達成人與人之間資訊的溝通，如圖 3-1-1 所示，雖然傳遞的媒介不同，但處理資訊仍需以人力閱讀與判斷、相同的資訊必須重複輸入，資訊交換的效率並未提升，資訊的自動交換、彙整的問題依然存在。

2. 電腦與電腦之資訊交換

由於使用電腦與應用系統為工具輔助工作人員處理相關業務的比率越來越高，透過電腦交換、傳遞資訊最為便捷，加上網際網路的應用，使得透過電腦與電腦之間進行資訊交換的需求性越來越高。但由於各種電腦與應用系統所採用的檔案格式與資訊表達方式不盡相同，自動資訊交換與資訊彙整有其困難，因此電腦與電腦之間資訊交換的標準首重資訊(文件)結構標準化、內容標準化，以促使資訊交換能自動化，以提供資訊交換的效率，如圖 3-1-2 所示。

3.1.2 資訊交換標準-文件資訊

「人與人」對比「電腦與電腦」之間於進行資訊交換時，所需的資訊交換標準最大的差異，在於電腦與電腦的資訊交換著重於資訊交換、傳遞的自動化。訂定資訊文件的架構以及內容格式標準，並搭配資訊交換、傳遞的架構以及相關應用程式，使得電腦與應用系統可接收共通的資訊(文件)，不必再透過人力即可加以擷取、彙整所需資訊，且不需為達成資訊交換、傳遞而改變本身電腦與應用系統，各電腦與應用系統更可針對其特

殊需求而發展，而不受資訊交換、傳遞的需求而限制。不同產業間亦可透過訂定資訊（文件）交換架構以及內容標準達成資訊交換的需求。以下對三種資訊交換標準 SGML、XML、Schema 與產業的資訊交換標準簡述

1、 SGML

標準通用標示語言 SGML (Standard Generalized Markup Language) 為國際標準組織 ISO (International Standard Organization) 於 1986 年所制定的標準，文件的標示格式化為其特色。SGML 與以往的不同處在於只描述文件的結構資訊，而與文件的呈現資訊分離。各文件系統只須遵循此一標準，文件的資訊格式便能達到一致，並能進行跨平台的交換，促進文件資訊的共享與再利用。

由於當時 SGML 是針對各產業、跨平台的目的所制定，所以其優點是彈性大、完整性佳、可攜帶性高，但複雜度高便是其缺點，因 SGML 的複雜度高，故可制定高度複雜度的文件，但使得其花費也相當的高。

2、 XML

因為 SGML 有應用上的困難，故美國 W3C 組織(World Wide Web Consortium)於 1998 年二月正式公佈新的應用標準—可擴充語言 XML (eXtensible Markup Language) 的 Recommendation 1.0 版語法標準

【13】，XML 是一種用來定義其它語言的語法系統，在與 SGML 相容的情況下，XML 摒除了 SGML 過於龐大複雜以及不易普及化的缺點，其摺

取了 SGML 中文件結構的核心部分【14】，並將 SGML 中一些屬於選擇性的功能但這些功能卻不常用的部分予以簡化，所以 XML 可算是 SGML 的精簡版/子集合【15】。

3、Schema

W3C 組織為了能達成 XML 成為交換標準的目標，因此於 2001 年制定綱目 Schema【3】，因 XML 標準所具有的彈性允許產業訂定符合其需求之標準，所以國際間各產業分別以 XML 為基礎發展各自所需的資訊交換標準，這些資訊交換標準大多是 Schema 標準。

4、產業的資訊交換標準

產業的資訊交換標準由下而上可分為資料交換層、產業標準格式層、產業應用層三個階層。在營建產業中，此三層級內相關資訊交換標準與應用目的如圖 3-1-3【13】所示。

在資料交換層中，營建產業所需要的資訊交換標準有下列五項：

- (1). Coding 編碼系統提供資料編碼的基礎標準。
- (2). XML(eXtensible Markup Language)是定義文件資訊、架構的標準。
- (3). IDEF(Icam DEFinition-method)是制訂作業流程的標準。
- (4). STEP(Standards for The Exchange of Product model data)與 IFC (Industry Foundation Classes) 是用以制訂產品、圖面設計資料

的標準。

產業標準格式層所扮演的角色為提供未來產業內各項作業進行資料交換標準的依據。

產業應用層內，不論是為何目的所發展的任何應用程式，皆可透過產業標準格式進行資訊交換。

3.2 物件導向技術(Object-Oriented Program, OOP)

3.2.1 何謂物件導向技術 OOP

物件導向是以相似我們真實事件物件化概念，將程式的運作主體以物件導向為設計概念，每個物件由屬性(attribute)及方法(method)構成。而物件之間透過訊息(message)來溝通協調其相對動作的方法【16】。

3.2.2 物件導向技術的應用

傳統 2D 繪圖作業以平、立、剖面圖來描述真實世界中如柱、梁、版、牆、樓梯、門窗或開口等實體物件，但近年來隨著物件導向技術的發展，3D 視覺化取代傳統 2D 平面設計方法，真實的實體物件不再只是點和線的組合，而是對應到物件導向 OOP 系統之下的物件，以屬性來記錄建築元件的外觀與特性，如尺寸、材質、及顏色等，故 3D 視覺化設計及物件導向設計的概念，為使建築設計方式及圖說表達，能與真實世界之實體一致，並使建築設計階段的圖檔資料能進一步拋轉，並與其他生命週期階段

的作業人員共享。

以 Autodesk 公司之繪圖軟體 AutoCAD 2000 版本為例，便已加入物件導向技術，繪圖人員只要從資料庫中點選所要加入圖檔的物件，透過對話框來修改物件的屬性及參數即可進行設計，這就是參數化設計的概念。

3.3 建築資訊模型化 (Building Information Model , BIM)

3.3.1 BIM 建築資訊模型化介紹

建築生命週期中，從開發、規劃、設計、發包、施工、行銷到使用維護，以設計階段之影響力最大、但變更成本最小如圖 3-3-1，因此設計階段之改善，對建築生命週期最為重要，其所付出成本最小。建築資訊模型 BIM(Building Information Model)為 1970 年末期被提出的概念，其中「建築資訊」包含建築空間的設計與營建工程的作業，而「模型」則是指過程的描述與建築工作的模擬，因此可以說 BIM 是一套描述建築建造生命週期過程的資訊模型【17】。BIM 主要是將沒有屬性的圖形物件賦予建築元件名稱，所以從建立圖形物件，改為建立建築元件的圖形資訊，使其與實際之建物有相符的特性，用以便利管理各元件資訊內容並加以利用，促使建築資訊管理上更為便捷。BIM 與以往認知的電腦輔助繪製設計系統最主要不同在於以往電腦輔助繪製設計系統主要是以繪製幾何圖形資訊為主，而且無法直接從這些輸出的幾何圖形中取得有意義的資訊(例如柱、

梁、牆或版的尺寸)，必須經由人員判讀才能轉為有用的資訊，而 BIM 系統便能夠直接由資訊模型中取得所需資訊。

目前建築軟體從 2D 繪圖向模擬 3D 建築轉換，並且累積整個建築物生命週期中經由各專業領域的設計者提供其各該領域所貢獻的建築資料與專業知識，把這些資料儲存起來就形成一個建築資訊模型，其他領域可從建築資訊模型中獲取所需的資料與欲處理之建物的資訊，如此便達到資料共享與資訊再利用，所以 BIM 是一個資料庫，又因為將該建築物生命週期裡所有的資料與訊息存在其中，所以也是各個專業領域設計者知識與經驗的累積所匯集的知識庫，因此營建產業逐漸將圖形與非圖形資訊整合於此一模型中，以期達成整個生命週期的需求。如圖 3-3-2【18】所示 BIM 資料累積傳遞，其中藍色區域表示原來建築業不同階段之間信息傳遞中信息遺失，增加了大量工作。而紅色區域則表示基於統一格式的 BIM 應用模式，其信息是不斷累積的，且為可繼承的。

3.3.2 傳統 CAD 方法與 BIM 建築資訊模型比較

傳統 CAD 繪圖和 BIM 建築資訊模型之間最大的差別，就在於傳統 2D CAD 所繪製的圖紙永遠無法進行智慧化的分析與模擬【20】，傳統 CAD 圖的 2D 表現和手工繪圖非常類似，只不過是利用電腦技術自動實現繪圖而已，它是一個直線、弧線、圓和塊的世界，用點、線、標注或註解來表示圖形之建築資訊，雖然他們都是數位化的資料，但他們不一定是有用的

資訊，除非它可以運算。例如梁之配筋圖，便無法從這些圖中直接取得有意義的資訊(如梁或鋼筋斷面尺寸、長度等)，必須經由人為的判讀或計算才能得到圖檔裡的資訊。

BIM 建築資訊模型是使用物件導向概念來創建建築元素【5】，其中梁、柱、版、牆、門、窗等，都是一個個獨立的物件，它們的屬性就是資訊，是可以直接取得的，將這類物件一個一個組合起來，並經由改變各物件的屬性來達到想要繪製的結果，這就是一個 BIM 建築資訊的模型。

要成功的導入 BIM 的概念與技術，並不僅是導入一個應用軟體而已，還需要同時進行整體工作模式的調整。目前傳統的建築設計作業方式如圖 3-3-3 及導入 BIM 後的作業流程圖如圖 3-3-4 導入 BIM 概念後以直接建構 BIM 的 3D 模型為設計基礎，然後自動產生所需的 2D 圖面及數量計算，一方面可避免設計裡的空間衝突，也可避免重複的製圖工作及減少人為錯誤，易於維持設計文件的一致性，為設計團隊帶來極大的效益，導入 BIM 的效益如表 3-3-1。

3.4 資訊交換標準 (Industry Foundation Classes, IFC)

BIM 的具體資料格式即為資訊交換標準 IFC (Industry Foundation Classes)【1】。IFC 是由國際協同工作聯盟 IAI (International Alliance For Interoperability)應用物件導向技術所建立的資訊標準。

3.4.1 IAI/Building Smart

IAI 的發展起源於 1994 年 8 月，由美國 12 家公司以 AutoCAD 13 的 ARX 系統為基礎，研究不同應用軟體在協同工作的可能性，結果發覺不但可行更有可觀的經濟效益。於 1995 年克服了核心的問題後，發表了簡稱 IFC 的資料交換格式，1995 年 10 月，他們在北美成立 IAI 組織。並發現這已是全球工業的問題，隨後他們將此思想推廣到其他國家，很快的其他國家也相繼成立了 IAI 分部。並在 1996 年於倫敦召開了第一次的 IAI 國際會議。【19】目前成員涵蓋 24 個國家，如圖 3-4-1【21】及 8 個附屬或註冊之團體，如澳洲、法國、德國、日本、韓國、北歐、新加坡及英國等，其組成單位共計 131 個【22】，包含建築業主、承包商、政府官員、學術單位、資產管理、軟體廠商、建設公司等。

IAI 主要目標為提供 AEC(Architecture, Engineering, Construction)及 FM(Facilities Management)廠商，獲得相同單一建築資訊之溝通模型 (Single Building Information Model, BIM)，IAI 認為 BIM 能有效減少成本及提高效率，故稱為 buildingSMART (以聰明的方式建築) 如圖 3-4-2【3】

IAI 希望把所有的建築資料透過一套標準將其整合在一起，像是把門、牆等實際物件以及一些空間、結構過程等抽象概念以電子資訊方式有系統的呈現出來。這些資料讓各種不同軟體之間可以互相傳遞與分享，例如美語是國際間的共同語言一般，IFC 便是一種由共同語言，在建築生命週期中扮演共用智慧物件的角色。

IFC 是一種開放性質資料格式，作為資訊的交換以及共享使用，在技術上採用 BIM 概念及物件導向等來進行資料內容的處理，目的在於讓在此領域內 BIM 系統的各種不同應用軟體如表 3-4-1【23】，因 IFC 資料格式的標準化及一致性，而有一個資料交換的標準格式可以遵循，使不同軟體間的資料可相互交換，毋須再各自建立資料，避免資料傳遞時發生錯漏造成財務和時間上的損失，國際間各大軟體公司(例 Autodesk、Bentley、Graphisoft、TEKLA、NEC、Fujitsu 等)，如圖 3-4-3【21】都已陸續開發以 BIM 概念結合 IFC 標準之軟體。

3.4.2 IFC 發展

IAI 組織有計畫的發展 IFC 標準如圖 3-4-4【24】，自 1997 年 1 月發表 IFC 標準第一版 IFC1.0 起，至今總共發表 13 版次，目前即將發布 IFC 2x4 beta 3，詳細發表時間及內容如表 3-4-2，本研究採用之版本為 IFC 2x3 如圖 3-4-5【24】。

3.4.3 IFC 架構

IFC 資訊交換標準由許多的綱目 Schema 所組成，這些 Schema 依據物件導向 OOP 的觀念與原則，遵循階梯原則(Ladder Principle)【25】，透過嚴格的參照(reference)與繼承(inheritance)關係，即每個層級的類別可參照同一層級或較低層級的類別，但是不能參照較高層級的類別，而組成一個包含四個觀念層級(Conceptual Layers)的架構，每層分別定義了不

同的種類的資料類型(Data Type)與實體(Entity)，如圖 3-4-6【19】所示，由下而上分別敘述如下：

1、資源層(Resource Layer)

資源層位於 IFC 架構的最底層，此層所定義的類別(Classes)，為一般最基本的觀念及物件，例如幾何、材料、數量、測量、日期、時間及費用等等。通常它們都是依附或參考在較高層次的實體上，可以不依賴其他類別而單獨存在。

2、核心層(Core Layer)

核心層為 IFC 架構的第二層級，此層定義 IFC 基礎的實體，此層的實體定義了許多共同的介面，它們可被資訊交換層或專業領域層的實體參考或繼承。此層包含兩階抽象內容：核心部份(Kernel)層與延伸部分(Product Extension)層。

(1)、核心層定義最基礎的實體，只能參考資源層的實體，例如定義“產品”

具有“位置”與“形狀描述”這兩個屬性。

(2)、延伸層定義較高階的實體，他們皆繼承自核心層的實體，而且都是

屬於 AEC/FM 領域，例如：建築物實體。

3、資訊交換(介面)層(Interoperability Layer)

此層定義能夠在 AEC/FM 領域內做資訊共享與交換的共同實體，例如：

梁、柱、門、窗、空間等資訊；並且，各個專業領域可將其資訊附加於此層的實體上，例如：樑柱上可能有材料資訊、施工/完工日期、結構分析結果... 等資料。

4、專業領域(應用)層(Domain Layer)

此層定義在 AEC/FM 領域內各專業領域的實體，包含：建築、結構分析、營建管理、設施管理、機電設備、水電空調等等專業領域的實體。例如：結構分析的分析模型、結構分析的束制條件、營建管理的人力資源。

IFC 2x 有一個基本的層與層間相互參照的原則即“重力原則”

(Gravity Principle)如圖 3-4-7【23】，規定各層級的實體只能與相同層級的實體或低於此層級的實體相互參照，例如資源層的實體無法參照核心層的實體，所有 IFC 的規格設計都緊緊遵循著此原則。

3.4.4 IFC 資訊內容

IFC 建築資訊標準係採用物件導向的技術制定，將每個建築元件及幾何資訊以 Schema 分別定義物件類別及屬性。IFC 圖檔本身可視為一個集合物件，其中包含了許多獨立的子物件，如柱、梁、門、窗等，本研究中建築元件與 IFC Schema 之對應如表 3-4-3 所示。

基本的 IFC 建築模型資訊如圖 3-4-8 所示，上述 Schema 利用其參數來定義物件屬性及記錄實體物件的相關資料，但部分參數有時會引用或參照另一個 Schema 的數值，因此每一個 Schema 透過引用或參照，使 IFC

建築模型資訊物件以樹狀結構排列，如圖 3-4-9。

3.4.5 IFC 資訊讀取介面

由於 IFC 資訊內容的物件是採用物件資料模式，故若使用一般文字編輯軟體如 WordPad 來開啟內容會極為複雜，如圖 3-4-10 所示，其所顯示之內容，僅能看出由許多 Schema 所組成，但其中資料的相關連結與參照，在閱讀上卻極為複雜且不便。為有效率的閱讀相關資料架構，便可藉由 IAI 網站取得應用軟體如 IFC QuickBrowser 來開啟便可簡單查閱物件相關架構與關連性，如圖 3-4-11 所示，其所開啟的 IFC 內容，除相同能看出由許多 Schema 所組成外，更擁有將其資料的相關連結與參照，經由點擊 Schema 便可將前述樹狀結構連結展現出來之效果。另亦可採用 IFC Engine Viewer 開啟 IFC 資訊內容，如圖 3-4-12 所示，其採用物件包裹的方法，將 IFC 建築模型的資訊內容，以 3D 模型的方式表現，並可採用點擊物件的方式來查閱相關物件的屬性內容。

3.4.6 IFC Schema 語法規則

IFC 採用 ISO 10303 Part II 定義即 Express 之描述語言，為了清楚的描述物件的特性及設定相關的屬性資料，包括物件之間的關係，所以在屬性資料中引用代碼來標示，IFC 的各個 Schema 均由代碼、名稱和參數組合而成，其格式如下：

代碼=名稱(參數 1,參數 2,參數 3,.....)

舉例如下：

```
#3358= IFCRECTANGLEPROFILEDEF(.AREA.,$,#3355,700.,500.)
```

上式敘述一個代碼為#3358，名稱為 IFCRECTANGLEPROFILEDEF 的 Schema，內容由 5 個參數組成，其值各為 AREA、\$、#3355、700 及 500。其中代碼#3358 的 Schema 中的參數值包含了另一個 Schema 代碼#3355，就表示#3358 引用或參照了代碼#3355 的 Schema 內容。每一個 Schema 及其參數皆有其特定之意義，必須查閱 IFC 技術文件才能了解其中定義。

3.4.7 IFC 類別內容

一份完整的 IFC 檔案包含的類別如圖 3-4-13【26】所示，IFC 的類別依序有 IfcProject、IfcSite、IfcBuilding、IfcBuildingStorey 及 IfcElement 等，而 IfcElement 又包含了 IfcColumn、IfcBeam、IfcSlab 等結構元件以及 IfcStair、IfcDoor 等非結構元件，以下就 6 項 IFC 的重要類別進行說明。

1、IfcProject

IfcProject 代表一個建築計畫或專案【27】，通常 IfcProject 由一個 IfcRelAggregates 來連結 IfcSite，IfcProject 的內容必須含以下基本資訊：

- 定義使用的單位系統
- 世界座標系統(WCS)
- 空間維度座標
- 幾何表示精確度大小
- 世界座標系統裡指示真北方向

舉例如下：

#54=IFCPROJECT('3ODpQYwQn6ShSfLJey3ILD',#13,'S\W\S\J\S\,S\Y\ S\6\S\5\S\%\S\X',,\$,\$,\$,\$,(#51,#114,#312),#26)

其中物件代碼為#54，物件名稱為 PROJECT，物件括弧內包含了 9

項屬性資料，依順序說明如下：

- (1) 物件統一編碼(GlobalId)，範例為'3ODpQYwQn6ShSfLJey3ILD'，其為經由軟體亂數所產生，字串長度固定為 22 個字元。
- (2) 物件所有人(OwnerHistory)，範例為#13，其意義為引用物件代碼 #13，參照其中各 Schema 的檔案來源、建立時間、轉換媒介等歷史紀錄及相關資訊。
- (3) 物件名稱(Name)，範例以'S\W\S\J\S\,S\Y\S\6\S\5\S\%\S\X'作為物件的名稱，此為軟體所給予的一個簡短的名稱。此名稱屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。
- (4) 物件描述(Description)，範例為\$，代表物件描述為不給定 Optional。
- (5) 物件種類(ObjectType)，範例為\$，代表物件種類為不給定 Optional。
- (6) 計劃名稱(LongName)，範例為\$，代表計畫名稱為不給定 Optional。
- (7) 工作階段(Phase)，範例為\$，代表工作階段為不給定 Optional。
- (8) 相關物件代碼(RepresentationContexts)，範例為(#51,#114,#312)，為所參照的資訊連結代碼，描述計畫背景的內容，例如世界座標及真北方向等資訊均由此參照而來，括弧內的代碼最少一個，最多無限制，視需求再增加。

- (9) 單位系統代碼(UnitsInContext)，範例為#26 提供單位系統分配的物件，例如：長度單位、面積單位、體積單位等皆由此參照而來。

IfcProject 之相關屬性資料如表 3-4-4 所示。

2、 IfcSite

IfcSite 代表一塊建地，IfcSite 通常由兩個 IfcRelAggregates 來連結 IfcProject 與 IfcBuilding，一塊建地上可建一棟或數棟之建物。

舉例如下：

```
#64=IFCSITE('19Sv5FFg9ATBooV8RYMAPL',#13,'S\|S\|J\|S\|,|S\|Y\|S\|3\|S\|u\|S\|&a',,$,$,#61,$,$,.ELEMENT.,(39,9,0),(116,4,0),$,$,$)
```

其中物件代碼為#64，物件名稱為 IFCSITE，物件括弧內包含了 14 項屬性資料，依順序說明如下：

- (1) 物件統一編碼(GlobalId)，範例為'19Sv5FFg9ATBooV8RYMAPL'，其為經由軟體亂數所產生，字串長度固定為 22 個字元。
- (2) 物件所有人(OwnerHistory)，範例為#13，其意義為引用物件代碼 #13，參照其中各 Schema 的檔案來源、建立時間、轉換媒介等歷史紀錄及相關資訊。
- (3) 物件名稱(Name)，範例以'S\|S\|J\|S\|,|S\|Y\|S\|3\|S\|u\|S\|&a'作為物件的名稱，此為軟體所給予的一個簡短的名稱。此名稱屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。
- (4) 物件描述(Description)，範例為\$，代表物件描述為不給定 Optional。

- (5) 物件種類(ObjectType)，範例為\$，代表物件種類為不給定 Optional。
- (6) 相對位置(ObjectPlacement)，範例為#61，代表 IfcSite 所參照相對於 IfcProject 座標系統中，座落點與方向的代碼。
- (7) 建地形狀(Representation)，範例為\$，代表其為不給定 Optional。
- (8) 建地名稱(LongName)，範例為\$，代表建地名稱為不給定 Optional。
- (9) 建地類型(CompositionType)，範例為.ELEMENT.，代表建地類型為一般建地，對於 IfcSite 類型的描述，共有 3 種類型可選擇分別為：
- ELEMENT 表示一般建地
- COMPLEX 表示多塊建地組合而成的複合建地
- PARTIAL 表示一塊建地的某個區域
- (10) 建地緯度(RefLatitude)，範例為(39,9,0)，代表建地的緯度為北緯 39 度 9 分 0 秒，若是南緯則為 0 至-90 度。此屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。
- (11) 建地經度(RefLongitude)，範例為(116,4,0)，代表建地的經度為西經 116 度 4 分 0 秒，若是東經則為 0 至-180 度。此屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。
- (12) 建地高程(RefElevation)，範例為\$，代表其為不給定 Optional。
- (13) 建地編號(LandTitleNumber)，範例為\$，代表其為不給定 Optional。
- (14) 建地地址(SiteAddress)，範例為\$，代表建地地址為不給定 Optional。

IfcSite 之相關屬性資料如表 3-4-5 所示。

3、 IfcBuilding

IfcBuilding 代表一棟建築物，IfcBuilding 通常亦由兩個

IfcRelAggregates 來連結 IfcSite 與 IfcBuildingStorey，舉例如下：

```
#77=IFCBUILDING('0RbloOdOf0gQXuvKAfHRcH',#13,'\S\|S\|S\|,\|S\|Y\|S\|3\|S\|u\|S\|&a'\|S\|+\|S\|X\|S\|?v',,$,$,#74,$,$,..ELEMENT.,,$,$,$)
```

其中物件代碼為#77，物件名稱為 IFCBUILDING，物件括弧內包含了

12 項屬性資料，依順序說明如下：

- (1) 物件統一編碼(GlobalId)，範例為'0RbloOdOf0gQXuvKAfHRcH'，其為經由軟體亂數所產生，字串長度固定為 22 個字元。
- (2) 物件所有人(OwnerHistory)，範例為#13，其意義為引用物件代碼 #13，參照其中各 Schema 的檔案來源、建立時間、轉換媒介等歷史紀錄及相關資訊。
- (3) 物件名稱(Name)，範例以'\S\|S\|S\|,\|S\|Y\|S\|3\|S\|u\|S\|&a'作為物件的名稱，此為軟體所給予的一個簡短的名稱。此名稱屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。
- (4) 物件描述(Description)，範例為\$，代表物件描述為不給定 Optional。
- (5) 物件種類(ObjectType)，範例為\$，代表物件種類為不給定 Optional。
- (6) 相對位置(ObjectPlacement)，範例為#74，代表 IfcBuilding 所參照相對於 IfcSite 座標系統中，座落點與方向的代碼。

- (7) 建築物形狀(Representation)，範例為\$，代表其為不給定 Optional。
- (8) 建築物名稱(LongName)，範例為\$，代表建築物為不給定 Optional。
- (9) 建築物類型(CompositionType)，範例為.ELEMENT.，代表建築物類型為一般建築樓層，對於 IfcBuilding 類型的描述，共有 3 種類型可選擇分別為：

ELEMENT 表示一般建築物

COMPLEX 表示多棟建築所組合而成的複合建築

PARTIAL 表示一棟建築物被垂直切割後的的某個區域

- (10) 建築物地表高程(ElevationOfRefHeight)，範例為\$，代表建築物地表高程，通常由一樓地板算起，本例為不給定 Optional。
- (11) 基底海拔高度(ElevationOfTerrain)，範例為\$，代表建築物基地表面至海平面的高程差，本例為不給定 Optional。

- (12) 建築物地址(BuildingAddress)，範例為\$，代表其為不給定 Optional。

IfcBuilding 之相關屬性資料如表 3-4-6 所示。

4、 IfcBuildingStorey

IfcBuildingStorey 代表一棟建築物的某個樓層，舉例如下：

```
#97=IFCBUILDINGSTOREY('2fdqDd9$7Jxjln89sJcjn',#13,'\S\5\S\-\S\0  
\S\r\S\
```

其中物件代碼為#97，物件名稱為 IFCBUILDINGSTOREY，物件括

弧內包含了 10 項屬性資料，依順序說明如下：

- (1) 物件統一編碼(GlobalId)：範例為'2fdqDd9\$V7Jxjln89sJcjn'，其為經由軟體亂數所產生，字串長度固定為 22 個字元。
- (2) 物件所有人(OwnerHistory)：範例為#13，其意義為引用物件代碼 #13，參照其中各 Schema 的檔案來源、建立時間、轉換媒介等歷史紀錄及相關資訊。
- (3) 物件名稱(Name)：範例以'\S\5\S\-\S\0\S\r\S\<h'作為物件的名稱，此為軟體所給予的一個簡短的名稱。此名稱屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。
- (4) 物件描述(Description)：範例為\$，代表物件描述為不給定 Optional。
- (5) 物件種類(ObjectType)：範例為\$，代表物件種類為不給定 Optional。
- (6) 相對位置(ObjectPlacement)：範例為#94，代表 IfcBuildingStorey 所參照相對於 IfcBuilding 座標系統中，座落點與方向的代碼。
- (7) 建築樓層形狀(Representation)：範例為\$，代表為不給定 Optional。
- (8) 建築樓層名稱(LongName)：範例為\$，代表其為不給定 Optional。
- (9) 建築樓層類型(CompositionType)：範例為.ELEMENT.，代表建築樓層類型為一般建築樓層，對於 IfcBuilding 類型的描述，共有 3 種類型可選擇分別為：

ELEMENT 表示一般建築樓層

COMPLEX 表示許多樓層所組合而成的複合樓層

PARTIAL 表示一個樓層被水平切割後的其中某區塊樓層

(10) 建築樓層高度(Elevation)：範例為,-2000.，代表建築物樓層高度，通常指該層之樓地板高度，相對於建築物一樓地板的高度，此樓層高度也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。

IfcBuildingStorey 之相關屬性資料如表 3-4-7 所示。

5、 IfcBuildingElement

IfcBuildingElement 代表所有的建築構件，包含柱、梁、版、牆、門、窗或樓梯等，構件之資訊內容有構件類型、幾何形狀、使用材料、量測尺寸及相關訊息等，以下舉 IfcBeam 為例說明：

6、 IfcBeam

IfcBeam 代表一個水平或近乎水平的結構的構件，從建築的觀點來看，它不一定會承受載重，從結構的觀點來看，它承受較多的剪力與彎矩，

舉例如下：

```
#3113=IFCBEAM('3sbOtQa65BzgABj385_Cvm',#13,'L-011',,$,$,#3171,  
#3156,'64B05440-9E6D-4383-91-39-20B619200570')
```

其中物件代碼為#3113，物件名稱為 IFCBEAM，物件括弧內包含了 8

項屬性資料，依順序說明如下：

- (1) 物件統一編碼(GlobalId)：範例為'3sbOtQa65BzgABj385_Cvm'，其為經由軟體亂數所產生，字串長度固定為 22 個字元。
- (2) 物件所有人(OwnerHistory)：範例為#13，其意義為引用物件代碼

#13，參照其中各 Schema 的檔案來源、建立時間、轉換媒介等歷史紀錄及相關資訊。

- (3) 物件名稱(Name)：範例以'L-011'作為物件的名稱，此為軟體所給予的一個簡短的名稱。此名稱屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。
- (4) 物件描述(Description)：範例為\$，代表物件描述為不給定 Optional。
- (5) 物件種類(ObjectType)：範例為\$，代表物件種類為不給定 Optional。
- (6) 相對位置(ObjectPlacement)：範例為#3171，代表 IfcBeam 所參照相對於 IfcBuildingStorey 座標系統中，座落點與方向的代碼。
- (7) 梁的形狀(Representation)：範例為#3156，代表引用物件代碼 #3156，參照其中各 Schema 可知梁的長度、斷面形狀、尺寸等資訊。
- (8) 梁的標籤(Tag)：對此 IfcBeam 作一個標籤，為軟體所匯出的一組字串，範例為'64B05440-9E6D-4383-91-39-20B619200570'。此標籤屬性也可以不給定 Optional，若不給定時將以\$來表示。

IfcBeam 之相關屬性資料如表 3-4-8 所示。

3.4.8 IFC 圖檔特性

圖檔資訊標準化的目的，就是為了資訊交換及共享，而網際網路提供資訊交換的場所，圖檔資訊網路化的意義為，使用者可以在網際網路的環境下進行圖檔資訊的解讀、存取及展示。

IFC 圖檔資訊具有之特性如下：**【9】**

- 1、圖檔資訊解析，想要讀取 IFC 圖檔資訊內容，必須運用 IFC 圖檔剖析器來解析檔案結構及內容擷取所需的資訊。
- 2、圖檔圖形顯示，IFC 圖檔必須轉換為瀏覽器可判讀的圖形檔案格式，才能還原圖檔原貌。
- 3、圖檔資訊共享，IFC Parser 所擷取的圖檔內含資訊，可以儲存於 IFC 網路共享資料庫中，提供使用者存取，進行資料的拋轉與共享。

3.4.9 IFC 幾何形狀描述

IFC 標準中對於構件之幾何形狀描述分為如下三種類型，**【26】【27】**

1、特定斷面描述法：

針對建築常用到的均勻(Uniform)斷面形狀構件，如柱、梁等均勻斷面

及鋼構之複雜斷面，其 IFC 幾何形狀描述如下

- (1)、矩形：IfcRectangleProfileDef
- (2)、圓型：IfcCircleProfileDef
- (3)、空心矩形：IfcRectangleHollowProfileDef
- (4)、空心圓形：IfcCircleHollowProfileDef
- (5)、C型：IfcCShapeProfileDef
- (6)、I型：IfcIShapeProfileDef
- (7)、L型：IfcLShapeProfileDef
- (8)、T型：IfcTShapeProfileDef
- (9)、U型：IfcUShapeProfileDef
- (10)、Z型：IfcZShapeProfileDef

以上(5)~(10)項一般為鋼構之複雜斷面形狀。

2、斷面頂點連線描述法：

針對任意且均勻(Uniform)斷面形狀桿件，其 IFC 幾何形狀描述如下

(1)、任意封閉型狀：IfcArbitraryClosedProfileDef

(2)、任意開放型狀：IfcArbitraryOpenProfileDef

此兩種形狀描述時，依固定順序將點與點進行連線，以工字形為例，其斷面便有內外轉角點 $n(12)$ 處，從起點開始計算每一轉角點直至回到原始起點(包含起點再計一次)就有 $n+1(13)$ 個頂點座標。

3、 表平面組合描述法：

物件形狀的描述方式除了平面擠出立體物件外，尚有使用多個平面組成物件，IFC 將任意立體物件表面切割為複數平面來描述，立體物件以複數 IfcFace(表平面)組成，每個 IfcFace 以自己所擁有的頂點座標描述該平面，使用類別為 IfcFacetedBrep，為一種特殊物體形狀的描述方式。

目前資訊皆為標準或進階型狀表示，均以 IfcExtrudedAreaSolid 來代表物件的形狀，兩者之主要差異在於，標準型狀為平面型狀如矩形與圓形，其立體擠出方向為由平面輪廓擠出水平面，即平行於 XY 平面的座標擠出方向為 Z 軸方向，但進階平面型狀除矩形與圓形外另包含任意封閉型狀與任意開放型狀，其立體擠出方向則支援所有的擠出方向。本研究僅對於進行資訊探討中可能接觸到的幾種物件描述進行概略說明，並未對其屬性資訊內容做相關研究，故以上說明僅供參考。

第四章 系統架構分析

本章節將敘述設計自動化之發展並針對國內營建業目前廣泛採用之 AutoCAD 2007(Auto Computer Aided Design)繪圖軟體，用傳統 2D 概念所繪製之圖面與採 BIM 系統之 ArchiCAD 12(教育版)繪圖軟體所繪製之圖面，參照前 2.5.4 章節所述結構體計算之柱梁優先方式進行繪圖差異性比較分析，主要分析重點為展現傳統 CAD 與 BIM 系統兩者之間的模型建立繪圖方式差異，並呈現其所造成之影響。

4.1 設計自動化發展

工程設計單位曾經多年以傳統鉛筆與描圖紙繪製工程圖，期間繪圖輔助工具歷經不斷的改進，例如由丁字尺進化到平行尺，再改進至臂式平行尺，至今幾乎已全面改用電腦輔助設計(Computer Aided Design, CAD)進行建築系統概念模型設計。圖面則由以往描圖紙手工描繪改進為以印表機或繪圖機來出圖。以電腦繪製工程圖的優點除編修容易外，複製與提供其他工程延用也很方便，再加上藍晒設備的進步，工程圖面的處理速度大大提升。傳統工程圖說有許多應用上的缺點，除紙張的問題外，就以 2D 圖形表達及對照麻煩，且常有漏失或前後矛盾的情況，需要靠想像力才容易看懂為最大困擾，故設計自動化便依需求進行發展，包含 2D 電腦輔助設計，3D 電腦輔助設計，BIM 系統輔助設計及虛擬實境(Virtual Reality, VR)技術等，本研究僅就 2D、3D 及 BIM 系統輔助設計進行分析比較。

4.2 傳統 CAD 系統繪圖

AutoCAD 繪圖軟體係由總部位於美國加州聖拉菲爾市的 AutoDESK 公司於 1982 年開始上市發行【28】迄今 2010 年已有 28 年歷史，早期的 AutoCAD 繪圖方式是由使用者透過螢幕在一個固定的直角座標系統，稱之為世界座標系統(WCS)模式下進行，使設計圖於螢幕上完整呈現，這屬於標準的 2D 空間繪圖，自從推出能讓使用者自行改變原點及 XY 平面的方位，也可以任意移動或旋轉的使用者座標系統(UCS) 的 R10 版本後，開始被營建業界廣泛採用，符合視窗(Windows)環境的版本自 R12 版起開始推出。建築師或設計繪圖人員於繪製主要建築元件如柱、梁、牆及版時之繪製方法，會因個人繪圖習慣或技巧而異，以下針對較普遍採用且簡易之數種繪圖模式分別簡述：

4.2.1 柱

柱於平面圖為為閉合之矩形或多邊形，通常採用矩形或聚合線繪製。

1、矩形

矩形為畫出矩形框指令，並可設定畫出倒角的、圓角的、有厚度的及有寬度的矩型。

指令：以鍵盤輸入 RECTANG，或點選工具列矩形圖示。

工具列：



2、聚合線

聚合線是指由許多連續的線和弧所合成的一個物件，與線或弧所畫的

獨立線段不同。其他如矩形、多邊形及橢圓指令所畫出的圖形，亦屬於聚合線的一種。

指令：以鍵盤輸入 PLINE，或點選工具列 **聚合線** 圖示。

工具列：



4.2.2 梁及牆

梁、牆於平面圖為兩條平行之直線或弧線，通常採用直線、複線或弧的指令繪製。

1、直線

直線是構成圖形的基本圖元，也是 AutoCAD 最基本的指令。只要輸入直線的兩個點，便可得到一條直線。

指令：以鍵盤輸入 LINE，或點選工具列直線圖示。

工具列：



2、複線

複線為一次可畫出多條平行的線，內定系統為畫出兩條平行線。

指令：以鍵盤輸入 MLINE，或點選工具列複線圖示。

工具列：



3、 弧線

弧包含起點(Start)、中心點(Center)、終點(End)、角度(Angle)、弦長(Length)、半徑(Radius)及方向(Direction)等七項，畫弧時系統以「逆時鐘」方向來定義。

指令：以鍵盤輸入 ARC，或點選工具列弧圖示。

工具列：



4.2.3 版

平面圖之版區分為一般版與懸臂版，或依材質另區分鋼承版(Deck)，於繪製順序上其係跟隨於柱、梁繪製完成之後，所產生之封閉空白區域，於此區域僅須以文字 S、CS 或 SS 後加數字編號即可，如 S1、CS1 或 SS1 來表示此為一號版、一號懸臂版或是一號鋼承版，毋須再另行使用其他指令。

4.2.4 傳統 2D 圖

在傳統軟硬體發展受限的因素下，CAD 輔助設計系統裡的資訊，主要是建築模型的 2D 幾何資訊，例如點、直線與弧線等，而施工圖面主要包括平面圖如圖 4-2-1、立面圖如圖 4-2-2 與剖面圖等，上述圖面均為 CAD 輔助設計系統所繪製雖大幅提昇了繪圖的效率，但仍為建築師將腦海中的建築模型構想，轉換成傳統 CAD 系統所能接受的點、直線與弧線等 2D 資料型態，才能被 CAD 系統所接受，而不是將腦海中的建築模型，直接輸入 CAD 系統。這對建築圖繪製的結果，並無太大的區別，但如果圖面

需要修改，改圖就會變成一項累人的工作了，由於 CAD 系統中只有點、直線與弧線等資料型態，如果要移動一根柱的位置，那就要修改大批與此柱有相關聯的所有圖面，且缺一不可，但因 2D 的建築模型資訊相當的零散，同一根柱的資訊，就可能分散在數張平面圖、立面圖或剖面圖中，所以這類 CAD 系統能再利用的資訊相當有限，由於國內過去建築繪圖人員的養成教育，大都以此類的輔助設計系統為主，所以許多建築師事務所，仍持續使用此類的 CAD 系統。

4.2.5 傳統 3D 圖

由於電腦軟硬體技術的進步，個人電腦已能執行 3D 視覺化 CAD 系統，AutoCAD 繪圖軟體自 R12 版起已加上 AME(Advance Modeling Extension) 3D 實體模型功能，已可繪製實體模型。一般建築師在進行概念設計時，腦海中只有大概的建築輪廓而已，但如使用 3D 視覺化 CAD 系統建立模型時，就必須精確的輸入座標，所以當時建築師只有在需要向業主呈現更明確的設計成果時，才會使用 3D 視覺化 CAD 系統，通常甚少直接以 3D 來進行設計，這種 CAD 系統不管是梁、柱、牆或任何建築構件，都是以 3D 實體模型的資料型態存在，這時主要的問題就在於建築構件的辨識了，因為電腦根本無法分辨何者為柱、牆或同一種構件有何區別如大梁與小梁，所以 3D 實體模型的資料對電腦而言，僅是一連串的數字而已，前述傳統 Auto CAD 系統對於 3D 模型的建造方式，便是藉由使

用者輸入的數值，經由推擠而產生高度，此種模型屬於線架構如圖 4-2-3

【29】，僅能查詢座標點並無法表示構件的體積與面積如圖 4-2-4 【29】。

傳統之 Auto CAD 系統另外也可利用工具列中之繪圖→圖塊→建立→移動等數個指令，將一組立面圖組合成可 360 度自由環轉之 3D 立面圖，如圖 4-2-5，雖然其功能僅止於觀看立體外觀型狀，無法獲得相關各建築件之資訊，但 3D 建築設計的好處，卻已逐漸受到大家的接受與重視。

4.3 BIM 系統繪圖

ArchiCAD 繪圖軟體是由總部位於匈牙利布達佩斯的 Graphisoft 公司於 1982 年推出，迄今 2010 年有 28 年歷史，ArchiCAD 是由建築師開發，專門於建築設計方面，Graphisoft 公司於 2009 年 9 月 14 日已推出 ArchiCAD 13 英文版，其主要功能在支援跨網路及時空之團隊合作功能 TW2.0，支援 64 位元及多核心電腦，並首次推出可攜出之虛擬鎖功能【20】【30】【31】，本研究繪製 BIM 系統圖面所採用之版本為 ArchiCAD 12 EDU(中文教育版)。

BIM 系統克服了前 4.2.5 節所述傳統之 CAD 系統無法辨識建築構件問題，因為它採用了物件導向概念，因傳統 CAD 系統的編輯器，只負責接受及處理使用者所下的指令，並依據指令程序處理內部的幾何資料，但採用物件導向之 BIM 系統與傳統 CAD 系統最大的不同在於處理內部幾何資料的方式，傳統 CAD 是固定的結構化資料，物件導向系統是彈性的物

件資料，且每一物件的行為，也不盡相同。所以不能以固定的程序處理所有物件，所以在 BIM 系統中除包含一般建築所需物件，如柱、梁、版，門及窗等外也包含一些建築師常用到的工具，換言之，BIM 系統可以輕鬆協調所有圖形和非圖形資料—全部視圖、圖紙、表格等等，因為它們都是處於資料庫下的視圖。仍以前面 4.2.4 節提到的柱為例，當一根柱位於牆體中距門 1 米遠，建築資訊模型便保存了這種資料關係，如果門或牆移動了，柱就會自動在它出現的所有視圖和圖紙中作相對應的移動。所有相關尺寸也同時會作出更正。此外，圖紙上尺寸的改動也能使模型一併同時更新。故 BIM 系統的雙向聯繫性和即時性，及全面傳遞變動的特性，為建築設計帶來了高品質和協調一致、可靠的模型，使以資料為基礎的設計、分析和文檔編制過程能更加便利。

本節運用 BIM 系統之 ArchiCAD 12 描述建立模型之過程與呈現模型資訊為主，首先以一個包含四支柱、四根樑及一塊版的簡單範例，描述模型建立過程並展示其成果，其後將展示一個建築實例成果並分析其中差異，以下簡述 ArchiCAD 12 主要建築元件如樓層、柱、梁、牆及版資訊設定的流程：

4.3.1 樓層資訊設定：

ArchiCAD 12 樓層資訊設定，如圖 4-3-1 樓層設定，設定時需輸入樓層名稱、樓層數、樓層高度和樓層層高等資訊內容，設定方法：

1. 點選設計功能表中設計項目之樓層設置選項，於樓層設置對話框視窗，如圖 4-3-2，進行樓層相關設定。
2. 相關樓層設定，點選對話框在上面插入或在下面插入欄位便可增加樓層的數量，於名稱欄可變更樓層名稱，標高欄可設定由一樓至各樓之累加高度，層高欄可設定每層樓的高度。

4.3.2 柱資訊設定：

ArchiCAD 12 中的柱由承重的核心及可選擇的表面飾材兩部分組成，柱的幾何方式區分有 3 類 11 種橫斷面分為矩形、圓形與複雜(即鋼構)三類，複雜類包含：C 型凸緣、C 型普通、RH 冷閉合、T 型鋼、Z 型剖面、Z 型、托梁、相等角度與通用 9 種形狀 ，豎直方向分為垂直和傾斜兩種方式，如圖 4-3-3 柱設定，柱可於 2D 平面圖或 3D 視窗中繪製，設計師點選畫面左側工具箱中  圖示，上方之資訊框即出現  圖示，點擊此圖示將會彈出柱默認設置對話框，如圖 4-3-4 所示，於此對話框可點選柱之斷面形狀，和填入有關柱的尺寸資訊，如柱的高度、斷面尺寸大小和斷面形心位置等資訊，在模型項目中可設定柱各面之材料，在列表與標籤項目中，會自動設定此柱之 ID 編號。

ArchiCAD 12 柱的三種斷面形狀，均使用與 IAI 所訂定 IFC2X3 相同之 Schema 轉換為 IFC 物件描述，現以矩形斷面為例說明如下：

```
#402=IFCRECTANGLEPROFILEDEF(.AREA.,$, #399,1.,1.);
```

其中物件代碼為#402，物件名稱為 IFCRECTANGLEPROFILEDEF 代表

一個矩形的物件，物件括弧內包含了 5 項屬性資料，依順序說明：

- 1、AREA.： 定義圖形的形狀類別，表示為面積。
- 2、 \$： 定義圖形名稱為不給定 Optional。
- 3、 #399： 定義圖形形心位置，表示引用#399 的物件作為資訊內容。
- 4、 1.： 定義矩形尺寸的寬度，表示寬度為 1cm。
- 5、 1.： 定義矩形尺寸的長度，表示長度為 1cm。

4.3.3 梁資訊設定：

ArchiCAD 12 繪製梁的幾何方式有單梁、連續梁、矩形梁與旋轉的矩

形梁四種斷面 ，依截面的形狀分為矩形與工形兩種，如

圖 4-3-5 梁設定，梁同柱一樣可於 2D 平面圖或 3D 視窗中繪製，設計師

點選畫面左側工具箱中  梁圖示，上方之資訊框即出現  圖示，
點選此圖示將會彈出梁默認設置對話框，如圖 4-3-6 所示，於此對話框可
點選梁之斷面形狀，和填入有關梁的尺寸資訊，如梁的高度、斷面尺寸大
小和位置等資訊，在模型項目中可設定梁各面之材料，在列表與標籤項目
中，會自動設定此梁之 ID 編號。

4.3.4 牆資訊設定：

ArchiCAD 12 中牆的幾何方式區分有 4 類 9 種牆：

1. 直 牆 ：包含單牆、連續牆、矩形牆及旋轉的矩形牆四種。



2. 弧 牆 ：包含圓心定弧牆、三點定弧牆及切線定弧牆三種。

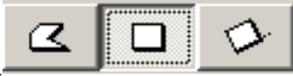


3. 梯形牆 ：平面幾何形狀為梯形、兩端厚度不同的牆。

4. 多邊形牆 ：平面幾何形狀為多邊形的牆。

如圖 4-3-7 牆設定，牆同柱梁一樣可於 2D 平面圖或 3D 視窗中繪製，設計師點選畫面左側工具箱中  圖示，上方之資訊框即出現  圖示，點擊此圖示將會彈出牆默認設置對話框，如圖 4-3-8 所示，於此對話框可點選牆之斷面形狀，填入有關牆的尺寸資訊，如牆的高度、厚度尺寸大小資訊，在模型項目中可設定牆各面之材料，在列表與標籤項目中，會自動設定此牆之 ID 編號。

4.3.5 版資訊設定：

ArchiCAD 12 繪製版的幾何方式有多邊型版、矩形版及旋轉的矩形版三種 ，如圖 4-3-9 版設定，版一樣可於 2D 平面圖或 3D 視窗中繪製，設計師點選畫面左側工具箱中  圖示，上方之資訊框即出現  圖示，點擊此圖示將會彈出版默認設置對話框，如圖 4-3-10 所示，於此對話框填入有關版的頂部與底部標高及輸入版的厚度尺寸資訊，在模型項目中可設定版表面之材料，在列表與標籤項目中，會自動設定此版之 ID 編號。

4.3.6 柱、梁位置資訊設定：

於 ArchiCAD 12 平面圖繪製建築構件時，須先依前述設定說明於各該默認設置對話框中設定相關資訊後，於設定的樓層和樓層位置上繪製各建

築構件，其繪製方式如下，舉例均假設於平面圖上繪製：

1. 柱：柱默認設置設定完成後，移動滑鼠指標至設定位置，按滑鼠左鍵即可，如圖 4-3-11 之 2D 平面圖及圖 4-3-12 之 3D 立面圖所示。
2. 梁：梁默認設置設定完成後，移動滑鼠指標於圖紙上設定的起點按滑鼠左鍵，並移動滑鼠指標至設定之終點位置按滑鼠左鍵即可，或於起點設定完成後輸入梁之長度亦可標定終點，如圖 4-3-13 之 2D 平面圖及圖 4-3-14 之 3D 立面圖所示。
3. 牆：牆之設定與梁類似，此處不再贅述，如圖 4-3-15 之 2D 平面圖及圖 4-3-16 之 3D 立面圖所示。
4. 版：版之設定與柱類似，惟繪製獨立版時需輸入長寬尺寸，但依柱梁優先式畫法時，則僅需點選該封閉空間即可，如圖 4-3-17 之 2D 平面圖及圖 4-3-18 之 3D 立面圖所示。

4.4 BIM 系統構件繪圖影響模式

本節將運用 BIM 系統之 ArchiCAD 12 建立一個包含四支柱、四根樑及一塊版的簡單模型範例，針對前 2.5.4 小節結構體計算方式分別以遵循柱梁優先式方法繪圖，及違反柱梁優先式方法將建築元件作故意互相嵌入繪圖，觀察成果展示是否產生任何影響，並以一實例進行成果比對。

4.4.1 遵循柱梁優先式繪圖

依據柱梁優先規定，必須先畫柱再畫梁後續才畫版，如圖 4-4-1 之 2D

平面圖可見先畫紅色部分的柱，再畫藍色的梁，最後點選其中綠色空間為版。如圖 4-4-2 之 2D 剖面圖與圖 4-4-3 之 3D 線框圖，可見其中重點觀念為柱高為全高、梁長為扣柱後之淨長度，版面積為不包含柱與梁面積之淨面積。另將其構件材質或表面裝修材料之顏色做不同顏色之變化區隔設定時，如圖 4-4-4，便可清楚分辨出柱梁版之繪製優先順序，確認其為正確遵循柱梁優先式繪圖。

4.4.2 違反柱梁優先式繪圖

依違反柱梁優先式原則繪圖，除柱高仍保持全高外，梁之長度均包含兩側之柱寬到達柱之外側，版面積亦包含柱及梁之頂面積，版尺寸到達柱與梁之外緣，如圖 4-4-5 所示，柱之範圍內已含有梁及版構件之體積在內，如圖 4-4-6 之 2D 剖面圖與圖 4-4-7 之 3D 線框圖，可見柱與梁之外側均有版之構件存在。首先將其構件材質或表面裝修材料之顏色採相同顏色設定時，如圖 4-4-8，便無法看出以違反柱梁優先式之畫法，對整體成果展示會有何影響產生，但若再次將構件材質或表面裝修材做不同顏色之變化區隔設定，於繪圖系統成果展現時，在柱梁版之接頭互相嵌入處，竟然用肉眼就可以看出各接頭處已產生顏色互相干擾情況，如圖 4-4-9，可見違反柱梁優先式繪圖模式，確對整體成果展示產生影響。

4.4.3 ArchiCAD 繪圖展示

為再確認並比較上節所述影響，以 ArchiCAD 實際建立一包含筏基

層、地面 2 層另加樓梯間屋突層之建築模型，首先遵循柱梁優先式模式繪製，如圖 4-4-10 至圖 4-4-13 所展示之 2D 型態平、立、剖面圖，這些圖面大致由線條及部分可見之顏色區別出柱梁牆位置，於圖 4-4-14 便可清楚看出此圖為遵循柱梁優先式模式繪製，圖 4-4-15 為其 3D 外觀展示，重點於觀察筏基層採用相同外觀設定時，便無法分辨柱、地梁與筏基版，地面層採用不相同之外觀設定時，便可清楚分辨柱、梁、牆與版。但若於繪圖過程中故意將屋頂版做違反柱梁優先式畫法，將版畫至結構外緣並做不同顏色設定時，便如預期於該處產生如圖 4-4-16 所示之干擾現象。

4.5 小結

本研究在第 4.2 節至 4.4 節中，盡量將傳統 CAD 系統與 BIM 系統之間做出分類對比並推論其可能產生問題的所在，所有問題只能以旁證方式推測將對結果產生影響，在前面的討論中，於傳統 CAD 系統繪圖模式下採用違反柱梁優先式之物件繪圖方法，其成果幾乎不產生影響，因所繪製之內容僅單純為用平面之點、線來組合成一份成果圖。但 BIM 系統之圖面畫法與傳統 CAD 畫法截然不同，由 4.4.2 至 4.4.3 小節中，未遵循柱梁優先式之物件繪圖方法時，用肉眼即可分辨出現明顯之干擾現象，所以大膽判斷運用 BIM 系統繪圖時，必須遵循柱梁優先式繪圖模式是重要的。



第五章 實作與分析

5.1 前言

本章節延續第四章所發現之系統干擾問題，將以二階段進行案例實作與分析，本研究範圍僅針對結構體進行模板表面積及混凝土體積進行數量計算，鋼筋數量計算則不在本研究範圍內。

第一階段運用 ArchiCAD 藉由繪製一面牆與一支柱之間可能的關係位置，即柱牆分離、牆緊貼柱及牆嵌入柱內共三種組合型態，來模擬建築師或繪圖設計人員於使用 BIM 系統繪圖時，按「遵循」結構體計算優先順序與「違反」結構體計算優先順序之兩種模式繪圖所產生的圖面，並運用 ArchiCAD 之數量計算功能，將三種型態經數量自動計算所產生之數據進行比對及分析其內容。另再藉前述 4.4.3 小節之二層建築模型實例，以 ArchiCAD 進行數量計算，並另以汶源資訊事業有限公司之 AACCC 建築自動繪圖估算系統，對此建築模型實例所計算出之數據，進行比對並分析其內容。

第二階段將利用前述牆與柱之三種關係於繪製過程中，轉出 IFC 資訊交換標準中 Schema 內容差異所顯示的價值性，探討是否符合營建生命週期中設計階段與營造階段的需求。

5.2 模型建立與數據擷取

本節針對前言所述第一階段構件進行設定，構件為一支柱與一面牆，假設此構件之相關資料設定如下：

- 1、柱：長 1m * 寬 1m * 高 5m，模板採普通模板，柱本體為混凝土。
- 2、牆：長 10m * 寬 0.1m * 高 5m，外牆採普通模、內牆採清水模，牆本體為混凝土。

5.2.1 模型建立

於 ArchiCAD 圖紙上，按前述柱牆資料設定，依 4.3.2 節及 4.3.4 節柱與牆設定方法，依序完成柱牆分離、牆緊貼柱及牆嵌入柱內三種圖形配置，並將柱與牆之外觀做不同裝修材料顏色設定，如圖 5-2-1 至圖 5-2-6 之 3D 示意圖與 3D 線框圖所示柱與牆之三種位置關係。

註：本模型案例假設柱之外飾裝修為抵石子，外牆為貼山型磚、內牆為刷乳膠漆，但因裝修材料名稱，於本研究並無實際意義，故可忽略不看。

5.2.2 數據擷取

經由前節完成三種模型建立後，於 ArchiCAD 圖框上方功能表中文檔下拉式功能表中清單和列表點選組分及基本欄位，可呈現如表 5-2-1 至表 5-2-3 之三種組分基本數量表。

註：ArchiCAD 於版本或內部設定上不盡相同，筆者以龍庭資訊所提供之教育版設定進行研究。

5.3 數量計算差異分析

以前述表 5-2-1 至表 5-2-3 所呈現之組分基本數量，經合併整理後如表 5-3-1 所示之比較表，以其中數量進行人工驗算核對如下，依慣例構件相接時柱不扣除牆厚模板、牆不計算端部模板：

1. 牆柱分離與牆貼柱：

$$\text{柱普通模} : 1\text{m} * 5\text{m} * 4 = 20 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{牆普通模} : 5\text{m} * 10\text{m} = 50 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{牆清水模} : 5\text{m} * 10\text{m} = 50 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{柱混凝土} : 1\text{m} * 1\text{m} * 5\text{m} = 5 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{牆混凝土} : 5\text{m} * 10\text{m} * 0.1\text{m} = 5 \text{ m}^3 \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{小計} : \underline{\text{普通模板} = (1) + (2) = 70 \text{ m}^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$\underline{\text{清水模板} = (3) = 50 \text{ m}^2} \dots\dots\dots(7)$$

$$\underline{\text{混凝土} = (4) + (5) = 10 \text{ m}^3} \dots\dots\dots(8)$$

2. 牆嵌入柱：

$$\text{柱普通模} : 1\text{m} * 5\text{m} * 4 = 20 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{牆普通模} : 5\text{m} * 10\text{m} = 50 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{※普通模扣除} : 5\text{m} * 1\text{m} = 5 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{牆清水模} : 5\text{m} * 10\text{m} = 50 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{※清水模扣除} : 5\text{m} * 1\text{m} = 5 \text{ m}^2 \dots\dots\dots(13)$$

$$\text{柱混凝土} : 1\text{m} * 1\text{m} * 5\text{m} = 5\text{ m}^3 \dots\dots\dots(14)$$

$$\text{牆混凝土} : 5\text{ m} * 10\text{m} * 0.1\text{m} = 5\text{ m}^3 \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{※混凝土扣除} : 5\text{ m} * 1\text{m} * 0.1\text{m} = 0.5\text{ m}^3 \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{小計} : \underline{\text{普通模板}} = (9) + (10) - (11) = 65\text{ m}^2 \dots\dots\dots(17)$$

$$\underline{\text{清水模板}} = (12) - (13) = 45\text{ m}^2 \dots\dots\dots(18)$$

$$\underline{\text{混 凝 土}} = (14) + (15) - (16) = 9.5\text{ m}^3 \dots\dots\dots(19)$$

由上述驗算結果(6)~(8)、(17)~(19)與表 5-3-1 所呈現之三種組分基本數量均完全相符，可確認 BIM 系統之 ArchiCAD 軟體於數量計算時，會自動扣除重複之部分面積與體積，表示將建築構件作互相嵌入時，於總數量合計或分項數量小計時並不產生影響。

上述結果看似以何種優先式畫法均不影響數量計算，但如果再次以牆嵌入柱為例，於 ArchiCAD 圖面上點選嵌入構件一牆進行查詢該牆之相關資訊時，如圖 5-3-1，此面牆所出現之構件資訊卻仍然還是完整的長 10m*寬 0.1m *高 5m，如圖 5-3-2 及圖 5-3-3 所示，所顯示之數據將與數量計算時結構數量會被扣除的概念有所不同，因 BIM 系統為物件導向概念，每一構件於單獨查詢時，仍將顯示該物件於繪圖時所使用的全部資訊，如長寬高尺寸，單獨查詢此牆之資訊時，便將涵蓋嵌入柱內的部份，若單獨點閱構件尺寸資訊後，再以此數據用來計算面積或體積並做累加時，其結果將與自動計算之數量產生誤差。

5.4 實例計算

本節承前述 4.4.3 小節之二層建築模型實例，以汶源資訊事業有限公司之 AACC 建築自動繪圖估算系統，對此建築模型實例所計算出之模板與混凝土數量，與 ArchiCAD 計算之數量，進行比對並分析其內容。

5.4.1 AACC 估算系統介紹

AACC(Architecture Automatic Cost Control System)是汶源資訊事業公司所發展之建築自動繪圖估算系統【32】，該系統是目前國內唯一以 2D 平面圖及立面閱讀介面，且可以將 Auto CAD 圖檔中柱的平面座標資訊轉檔使用之估算軟體，利用座標點之計算方式，將依樓層別重新繪製完成之平面圖傳送到系統後，編輯相關表格，再將表格的格局名稱點在平面圖對應的格局內，系統即自動計算格局內所有項目，對於體積計算仍需依賴人工輸入厚度後計算，系統無法提供 3D 視覺模型，而且在鋼筋配筋、樓層高度、參數設定、開口與角隅補強等，也同樣靠人工輸入指定的數據後，其系統始能涵蓋計算。

5.4.2 數據分析

因 AACC 估算軟體為完整的套裝軟體，無法深入探究其內部計算流程，僅展示其所出現之畫面，AACC 系統繪圖亦遵循柱梁優先模式，如圖 5-4-1 至圖 5-4-3，其結構體柱梁版計算式內容整理，如圖 5-4-4 所示，因鋼筋計算不在本研究範圍，故未列出該部分內容。

本案 AACC 數量計算結果如圖 5-4-5 及圖 5-4-7 所示，另以 ArchiCAD 自動計算結果如圖 5-4-6 及圖 5-4-8 所示，分析其數量差異原因如下：

1. 因本案例 AACC 之數據係擷取實際工程施工過程之全部內容進行計算所得結果，經查該案正面有一條地下管溝及背面有一處小型水槽，故數量較 ArchiCAD 自動計算結果為多。
2. 於 ArchiCAD 繪圖過程中，內部樓梯係以插件來設定，插件如同門窗屬性般以單個數量模式呈現，故樓梯便算一座而不計算結構數量，因此結構數量會較 AACC 計算結果為少。

雖然 AACC 及 ArchiCAD 二者所計算出之整體數量有些許差異，但因兩者之計算概念均同為柱梁優先式，再深入檢視單一構件之計算數據仍可看出其一致性，以一、二樓之柱模板為例，計算結果均為 218.4 m²，如圖 5-4-5 及圖 5-4-6，可見系統仍具有相當可靠性。

5.5 IFC-schema 差異分析

本節將藉由 5.2 節所建立之三種結構組合型態將其結果轉存為 .ifc 檔後，利用 3.4.5 節所述之 IFC QuickBrowser 再將其打開，針對三種型態中每一組 Schema 內容進行逐一比對，結果發現其中共有二組 Schema 內容不同，如圖 5-5-1 至圖 5-5-2 所示，分別說明如下：

1、#13=

IFCOWNERHISTORY(#12,#5,\$,.NOCHANGE.,\$,,\$,XXXXXXXXXX);

按 3.4.7 節說明此組 IFC-Schema 為物件所有人 OWNERHISTORY 之描述，因此三種型態係以個別檔案繪製並存檔，故物件所有人便會出現各自不同之描述，括弧中末端 10 個數字 X 有如姓名一般，僅屬於身分辨別使用。

2、#261= IFCCARTESIANPOINT((X.XXXXXXX,26.019843,0.));

本組 Schema 內容描述為座標數值，括弧中 8 個 X 代表 X 向座標值，因於三種型態繪製過程僅將牆體做水平移動，故本組 Schema 比對後可看出牆體位於三處不同位置，此外可觀察出 BIM 系統之物件，於系統中均以座標為內部儲存資料，於繪圖過程以物件導向概念將形狀與尺寸輸入軟體中，便相當於將座標輸入其中，由此物件座標位置之變化，可運用軟體技術判讀結構體於繪圖過程中，可用來進行構件干涉碰撞檢查及時修正錯誤。

上述資料比對結果顯示僅第二項訊息 CARTESIANPOINT 構件之 X 向座標差異較具有價值，此價值在於設計階段，但對於營造階段之數量估算需求，卻無法顯現其價值，故 IFC 資訊在營建生命週期中之建築設計階段是滿足需求的，但在營造階段的需求卻是明顯不足。

第六章 結論與建議

本研究主要利用 BIM 系統之 ArchiCAD 繪圖軟體採用不同結構優先模式建立建築結構模型，以發現其中數據讀取所存在的問題，並以繪圖軟體自動計算數量，觀察其估算效益與數據正確性，再以 IFC QuickBrowser 擷取由 IFC 資訊交換標準所產生的 Schema 內容，探討營建生命週期中對此資訊內容的需求狀況。以下是本研究所歸納出來的結論與建議。

6.1 結論

- 1、以 ArchiCAD 繪圖軟體採用不同構件優先模式下，從 3D 模型外觀便可發現其顏色干擾現象，此干擾現象對繪圖軟體自動數量計算結果經驗證並未產生誤差，但如對嵌入相鄰結構之物件單獨點選查詢其尺寸時，所呈現之資訊卻仍為原繪圖時所使用之尺寸，並未扣除嵌入其他構件之部分，如以此數據用來計算面積或體積並做累加時，將與自動計算之數量產生誤差，故於結構物件產生相嵌時需特別注意其讀取尺寸之正確性。
- 2、採以 BIM 系統為基礎的繪圖軟體本身自行運算數量時，最大效益為設計者在繪圖完成同時便可獲得物件之相關面積與體積數量，業主或施工廠商經由相關 BIM 系統軟體便可得到相同之數據，無須再經由其他估算軟體作業減少了資料的傳遞、人工判讀與重複輸出入的工時需求及錯誤發生，可節省估算人員成本提升效率。本研究另將 BIM 系統繪

圖軟體運算數量以人工驗算與汶源資訊公司 AACC 估算系統與數據進行比對，結果證明 BIM 系統繪圖軟體運算之數量具有正確與可靠性。

3. 經由案例擷取 IFC 資訊交換標準所產生的 Schema 內容，結果僅物件所有人 OWNERHISTORY 及構件之 X 向座標 CARTESIANPOINT 二項出現差異，顯示 IFC 資訊在營建生命週期中建築設計階段是滿足需求的。

6.2 建議

- 1、本研究僅探討 AutoCAD 2007 與 ArchiCAD 12 二種繪圖軟體，建築構件亦僅討論柱與牆二項，可繼續研討不同之繪圖軟體與建築構件如梁、版等資訊傳遞測試。
- 2、就營建生命週期中建築設計、結構分析與估算繪圖系統軟體廠商應積極進行 IFC 實際轉檔測試及早完成與 IFC 整合。
- 3、針對目前國內公共工程投領標所須採用之 PCCES 系統，應及早發展接受 IFC 格式之系統，以加快營建產業電子化及國際化的腳步。

參考文獻

- [1] 曾仁杰，「工程資訊管理及交換標準實務應用」，中國土木水利會刊，2007
- [2] 李萬利，「B2G 工程進度資料標準示範導入應用」簡報，行政院公共工程委員會，2006
- [3] 楊潮瑞，「工程營建資訊系統資訊交換標準之研究-以發包採購為例」，國立台灣大學資訊管理研究所，碩士論文，2002
- [4] 李雲貴，「基於國際標準 IFC 的建築設計及施工管理系統研究」，建築三維協同設計國際研討會，第 124 頁，中國建築設計研究院，2006/06
- [5] 黃素嬌、蔣千里，「電腦在工程估算上之應用」，捷運技術半年刊，第 36 期，2007/02
- [6] 陳國書，「公共工程履約爭議處理之研究」，國立中山大學企業管理研究所，碩士論文，2003
- [7] 陳炳東，建築估價(上冊)，東宇出版社，1979/7
- [8] 李健雄，建築工程估價(工程數量計算編)，詹氏書局，2006
- [9] 鄧挺發，「BIM-3D 在建築設計之應用」，98 年電子計算基於土木水利工程應用研討會，2009/09
- [10] 陳志文，「BIM-3D 在結構設計之應用」，98 年電子計算基於土木水利工程應用研討會，2009/09
- [11] 楊秉蒼，建築概算估價應用實務，詹氏書局，2009
- [12] 許帝旺，「營建工程自動化與視覺化估算系統之需求分析研究—以鋼筋混凝土結構為例」，國立交通大學營建技術與管理研究所，碩士論文，2003
- [13] 梁樾、曾仁杰，「營建產業電子資料交換標準」，中國土木水利會刊，2003
- [14] 洪士林，「營建資訊系統應用-XML」，國立交通大學工程技術與管理研究所課程講義，2008

- [15] 李兆平，「建築設施在營運與維護階段資訊共享-以學校教室為例」，國立交通大學土木工程研究所，碩士論文，2001
- [16] 洪士林，「營建資訊系統應用-軟體(2)」，國立交通大學工程技術與管理研究所課程講義，2008
- [17] 謝尚賢、康仕仲等，Revit 在建築工程的應用，科技圖書，2009/01
- [18] 許規泰、揚承勳，「Tekla Structures 整合應用實機展示」，歐亞電腦 3D BIM 設計工具發表會，台北國際會議中心，2009/08/19
- [19] 周承禹，「應用 IFC 於規範自動審查系統- RC 柱構件之研究」，國立交通大學土木工程研究所，碩士論文，2008
- [20] 趙昂，ArchiCAD 11 中文操作手冊:虛擬建築設計 從入門到精通，茂榮書局，2008
- [21] Patrick MacLeamy, CEO, HOK, International Chairman, IAI (Presentation at IAI, Beijing, China, 2006)
- [22] 曾仁杰、王世旭，「廿一世紀工程設計資訊交換標準發展與現況」，新竹建築，第二季第二期，新竹縣建築同業開發商業公會，2007
- [23] 沈秉廷，「運用物件導向技術於 IFC 建築資訊」，國立交通大學土木工程研究所，碩士論文，2008
- [24] IAI International <http://www.iai-international.org/>
- [25] 潘秉嘉，「建築圖形資訊標準於營建業電子商務之應用研究」，國立台灣大學土木工程研究所，碩士論文，2001
- [26] 樊啟勇，「IFC 資料標準之結構物資訊擷取與建立」，國立交通大學土木工程研究所，碩士論文，2007
- [27] 蔡志偉，「IFC 建築資訊內容應用於結構分析資料擷取」，國立交通大學土木工程研究所，碩士論文，2007
- [28] 歐特克有限公司，<http://www.autodesk.com.tw/>，2010.
- [29] 林振陽，「營建數量計算自動化系統」，國立雲林科技大學營建工程系，碩士論文，2007

[30] 龍庭資訊有限公司，<http://www.academicd.com/>，2010.

[31] <http://www.graphisoft.com/>，2010.

[32] 汶源資訊事業有限公司，<http://www.wyerp.com.tw/>，2010.

[33] 李宜謙、林祐正，「建築資訊模型(BIM)應用於物業設備維護管理之初探」，98年電子計算基於土木水利工程應用研討會，2009/09

[34] 林明星、陳俊嘉、李佳錫、鄧新民，BIM-3D 在干涉檢查及碰撞偵測之應用，98年電子計算基於土木水利工程應用研討會，2009/09

[35] 王珏，建築工程估價投標，詹氏書局，1990



附 表

表 1-1-1 契約爭議類型統計表【6】

契 約 類 型	申 訴 會 調 解 %
契約解釋	19.4
總價承攬實作數量與契約不符	16.7
工期計算	13.8
進場延遲或中途停工	11.1
異常工地狀況	8.3
物價上揚	5.6
估驗計價	5.6
使用同等品	5.6
設計不當或延遲審查	5.6
因歸責於第三人事由	5.6
契約變更	2.7
合 計	100

表 3-3-1 導入 BIM 的效益

效 益	工 作 改 變
1. 簡化縮短工作流程	強大的模型建構能力，可確保更快的速度與效率整合且更快速的工作流程，可縮短工作時間。
2. 改善協同作業	更多且更準的溝通，輕鬆的整合設計工作，達到多人多工的協同設計作業。
3. 協助工程管理	提供跨領域的相關資訊，增加設計準確度。 更佳的工程紀錄與追蹤，滿足業主與建設公司要求。
4. 提高設計的一致性與品質	整合的建築資訊模型，可減少設計錯誤，且可提供結構方案、施工方式及動線、建築物本身的生命週期管理等最佳化的選擇。精準與細膩的 3D 模型表達，可確保更高的品質。
5. 提高競爭力與機會	模型建構速度快，可建立備選方案，對複雜的工程標案更有競爭力。並可供其他專案再利用。以 3D 模型為基礎的成本估算，易於圖形化檢核，減少報價疏失。
6. 快速提高生產力	整合且有效的作業流程，可縮短工程時間。 更少的設計錯誤，帶來更低的成本。
7. 提升施工管理及營運維護的便利性	直接及充分的溝通協調，可以橫跨所有的工程資料、日程表及圖像易找到最適當的設計方案及施工方式可利用建築資訊模型來進行修繕計畫的追蹤和設備管理等工作。

表 3-4-1 BIM 系統整理

所屬領域	BIM 系統名稱	開發公司
建築設計	Revit Architecture	Autodesk
建築設計	ArchiCad	GraphiSoft
建築設計	Bentley Architecture	Bentley
建築設計	DDS-CAD Building	DDS-CAD
建築設計	EliteCAD	MesserliInformatic GmbH
建築設計	MagiCAD	Progman
建築設計	Active3D	Active3D-Lab
建築設計	Allplan	Nemetschek
結構設計/分析	Bentley Structural	Bentley
結構設計/分析	Tekla Structures	Tekla
結構設計/分析	SCIA-ESAPT	SCIA
建築能源	RIUSKA	Olof Granlund Oy
設施管理	Bentley Building Mechanical Systems	Bentley
設施管理	BentleyFacilities Manager	Bentley
設施管理	DDS-CAD HVAC	DDS-CAD
設施管理	DDS-CAD Electrical	DDS-CAD
設施管理	DDS-CAD Plumbing	DDS-CAD
設施管理	Facility Online	Vizelia
建築資訊 模型管理	EDMServer	EPM Technology

表 3-4-2 IFC 發表時程

發表時間	發表版次	主要內容
1997年01月	IFC1.0	建立核心模型及插件結構擴充軟體系統
1997年12月	IFC1.5	未能超過1.0版覆蓋整個領域
1998年07月	IFC1.5.1	解決安裝問題，改善模型的核心和原理
1999年04月	IFC2.0	擴大IFC建築資訊模型的覆蓋領域
2000年10月	IFC2x	對IFC XML標準與EXPRESS進行說明對比
2001年10月	IFC2x-Add1	修補IFC2x在實施時出現的問題
2002年11月	獲得ISO/TC184/SC4的ISO/PAS 16739認可與支持	
2003年05月	IFC2x2	IFC幾個領域區域再引伸
2004年07月	IFC2x2-Add1	修補IFC2x在實施時出現的問題
2006年02月	IFC2x3	IFC2x2的主要質量改進
2007年07月	IFC2x3-TC1	對IFC2x3文獻和限制錯誤的更新
2008年06月	IFC2x4 alpha	IFC幾個結構區域和質量改進及引伸
2009年05月	IFC2x4 beta 1	IFC2x4 alpha實施過程的回饋
2009年09月	IFC2x4 beta 2	IFC2x4 alpha實施過程的回饋
2009年11月	IFC2x4 beta 3	公開閱覽至2009/11/21止
2010年	預計可成為ISO 16739正式的標準	



表 3-4-3 建築元件與 IFC Schema 對照表

建築元件	IFC Schema
柱	IFCColumn
梁	IFCBeam
版	IFCSlab
牆	IFCWall
樓梯	IFCStair
開口	IFCOpeningElement
門	IFCDoor
窗	IFCWindow

表 3-4-4 IfcProject 屬性資料內容

屬性名稱	屬性性質	屬性資料
GlobalId		<u>IfcGloballyUniqueId</u>
OwnerHistory		<u>IfcOwnerHistory</u>
Name	Optional	<u>IfcLabel</u>
Description	Optional	<u>IfcText</u>
ObjectType	Optional	<u>IfcLabel</u>
LongName	Optional	<u>IfcLabel</u>
Phase	Optional	<u>IfcLabel</u>
RepresentationContexts	SET [1: ?]	<u>IfcRepresentationContext</u>
UnitsInContext		<u>IfcUnitAssignment</u>

表 3-4-5 IfcSite 屬性資料內容

屬性名稱	屬性性質	屬性資料
GlobalId		<u>IfcGloballyUniqueId</u>
OwnerHistory		<u>IfcOwnerHistory</u>
Name	Optional	<u>IfcLabel</u>
Description	Optional	<u>IfcText</u>
ObjectType	Optional	<u>IfcLabel</u>
ObjectPlacement	Optional	<u>IfcObjectPlacement</u>
Representation	Optional	<u>IfcProductRepresentation</u>
LongName	Optional	<u>IfcLabel</u>
CompositionType		<u>IfcElementCompositionEnum</u>
RefLatitude	Optional	<u>IfcCompoundPlaneAngleMeasure</u>
RefLongitude	Optional	<u>IfcCompoundPlaneAngleMeasure</u>
RefElevation	Optional	<u>IfcLengthMeasure</u>
LandTitleNumber	Optional	<u>IfcLabel</u>
SiteAddress	Optional	<u>IfcPostalAddress</u>

表 3-4-6 IfcBuilding 屬性資料內容

屬性名稱	屬性性質	屬性資料
GlobalId		<u>IfcGloballyUniqueId</u>
OwnerHistory		<u>IfcOwnerHistory</u>
Name	Optional	<u>IfcLabel</u>
Description	Optional	<u>IfcText</u>
ObjectType	Optional	<u>IfcLabel</u>
ObjectPlacement	Optional	<u>IfcObjectPlacement</u>
Representation	Optional	<u>IfcProductRepresentation</u>
LongName	Optional	<u>IfcLabel</u>
CompositionType		<u>IfcElementCompositionEnum</u>
ElevationOfRefHeight	Optional	<u>IfcLengthMeasure</u>
ElevationOfTerrain	Optional	<u>IfcLengthMeasure</u>
BuildingAddress	Optional	<u>IfcPostalAddress</u>

表 3-4-7 IfcBuildingStorey 屬性資料內容

屬性名稱	屬性性質	屬性資料
GlobalId		<u>IfcGloballyUniqueId</u>
OwnerHistory		<u>IfcOwnerHistory</u>
Name	Optional	<u>IfcLabel</u>
Description	Optional	<u>IfcText</u>
ObjectType	Optional	<u>IfcLabel</u>
ObjectPlacement	Optional	<u>IfcObjectPlacement</u>
Representation	Optional	<u>IfcProductRepresentation</u>
LongName	Optional	<u>IfcLabel</u>
CompositionType		<u>IfcElementCompositionEnum</u>
Elevation	Optional	<u>IfcLengthMeasure</u>

表 3-4-8 IfcBeam 屬性資料內容

屬性名稱	屬性性質	屬性資料
GlobalId		<u>IfcGloballyUniqueId</u>
OwnerHistory		<u>IfcOwnerHistory</u>
Name	Optional	<u>IfcLabel</u>
Description	Optional	<u>IfcText</u>
ObjectType	Optional	<u>IfcLabel</u>
ObjectPlacement	Optional	<u>IfcObjectPlacement</u>
Representation	Optional	<u>IfcProductRepresentation</u>
Tag	Optional	<u>IfcIdentifier</u>

表 5-2-1 牆柱分離組分基本數量表

無標題 - Graphisoft ArchiCAD 11 EDU - [無標題 / 組分 / 基本]						
文件(F) 編輯(E) 視圖(V) 設計(D) 文檔(C) 選項(O) 團隊工作(T) 視窗(W) 幫助(H)						
組分鍵名	組分代碼	組分名	牆柱分離	組分質量	組分單位名稱	
2	混凝土	001	210 Kg/cm ² 預拌混凝土及澆注	10.000	m ³	
2	混凝土	100	普通模板	70.000	m ²	
1	混凝土	101	清水模板	50.000	m ²	
1	混凝土	200	普通鋼筋彎紮及組立 (fy=2800)	0.652000	噸	
1	裝修	232	內牆批土整平刷乳膠漆(一底二度)	50.000	m ²	
1	裝修	291	內牆釘塑合木踢腳板(H=10cm)	10.000	m	
1	裝修	410	外牆1:3水泥砂漿粉刷貼山型磚	50.000	m ²	
1	裝修	420	外牆1:3水泥砂漿粉刷貼根石子(亞拉石+琉璃石)	20.000	m ²	

表 5-2-2 牆貼柱組分基本數量表

無標題 - Graphisoft ArchiCAD 11 EDU - [無標題 / 組分 / 基本]						
文件(F) 編輯(E) 視圖(V) 設計(D) 文檔(C) 選項(O) 團隊工作(T) 視窗(W) 幫助(H)						
組分鍵名	組分代碼	組分名	牆貼柱	組分質量	組分單位名稱	
2	混凝土	001	210 Kg/cm ² 預拌混凝土及澆注	10.000	m ³	
2	混凝土	100	普通模板	70.000	m ²	
1	混凝土	101	清水模板	50.000	m ²	
1	混凝土	200	普通鋼筋彎紮及組立 (fy=2800)	0.652000	噸	
1	裝修	232	內牆批土整平刷乳膠漆(一底二度)	50.000	m ²	
1	裝修	291	內牆釘塑合木踢腳板(H=10cm)	10.000	m	
1	裝修	410	外牆1:3水泥砂漿粉刷貼山型磚	50.000	m ²	
1	裝修	420	外牆1:3水泥砂漿粉刷貼根石子(亞拉石+琉璃石)	20.000	m ²	

表 5-2-3 牆嵌入柱組分基本數量表

組分鍵名	組分代碼	組分名	牆嵌入柱	組分質量	組分單位名稱
2	混凝土	001	210 Kg/cm ² 預拌混凝土及澆注	9.500	m ³
2	混凝土	100	普通模板	65.000	m ²
1	混凝土	101	清水模板	45.000	m ²
1	混凝土	200	普通鋼筋彎紮及組立 (fy=2800)	0.586800	噸
1	裝修	232	內牆批土整平刷乳膠漆(一底二度)	45.000	m ²
1	裝修	291	內牆釘塑合木踢腳板(H=10cm)	10.000	m
1	裝修	410	外牆1:3水泥砂漿粉刷貼山型磚	45.000	m ²
1	裝修	420	外牆1:3水泥砂漿粉刷貼嵌石子(亞拉石+琉璃石)	20.000	m ²

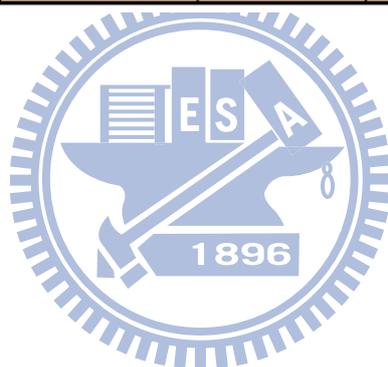
表 5-3-1 組分基本數量比較表

組分鍵名	組分代碼	組分名	組分單位名稱	牆柱分離 組分質量	牆貼柱 組分質量	牆嵌入柱 組分質量	使用位置	備註
2	混凝土	1210 Kg/cm ² 預拌混凝土及澆注	m ³	10	10	9.5	柱+牆	已扣嵌入體積
2	混凝土	100 普通模板	m ²	70	70	65	柱+外牆	已扣嵌入面積
1	混凝土	101 清水模板	m ²	50	50	45	內牆	已扣嵌入面積
1	混凝土	200 普通鋼筋彎紮及組立 (fy=2800)	噸	0.652	0.652	0.5868	柱+牆	已扣嵌入體積
1	裝修	232 內牆批土整平刷乳膠漆(一底二度)	m ²	50	50	45	內牆	已扣嵌入面積
1	裝修	291 內牆釘塑合木踢腳板(H=10cm)	m	10	10	10		
1	裝修	410 外牆1:3水泥砂漿粉刷貼山型磚	m ²	50	50	45	外牆	已扣嵌入面積
1	裝修	420 外牆1:3水泥砂漿粉刷貼嵌石子(亞拉石+琉璃石)	m ²	20	20	20	柱	

案例設定：柱(1m*1m*5m) 裝修為嵌石子，牆(10m*5m*0.1m)裝修為外牆山型磚、內牆為乳膠漆
 柱、牆端部模板依慣例不予扣除

表 5-4-1 實例計算數量比較表

模 板	柱	梁	版	牆	小計
AACC	590	1,268	508	2,361	4,727
ArchiCAD	568	1,237	541	1,825	4,171
混 凝 土	柱	梁	版	牆	小計
AACC	135	291	473	273	1,172
ArchiCAD	130	284	504	211	1,129



附圖

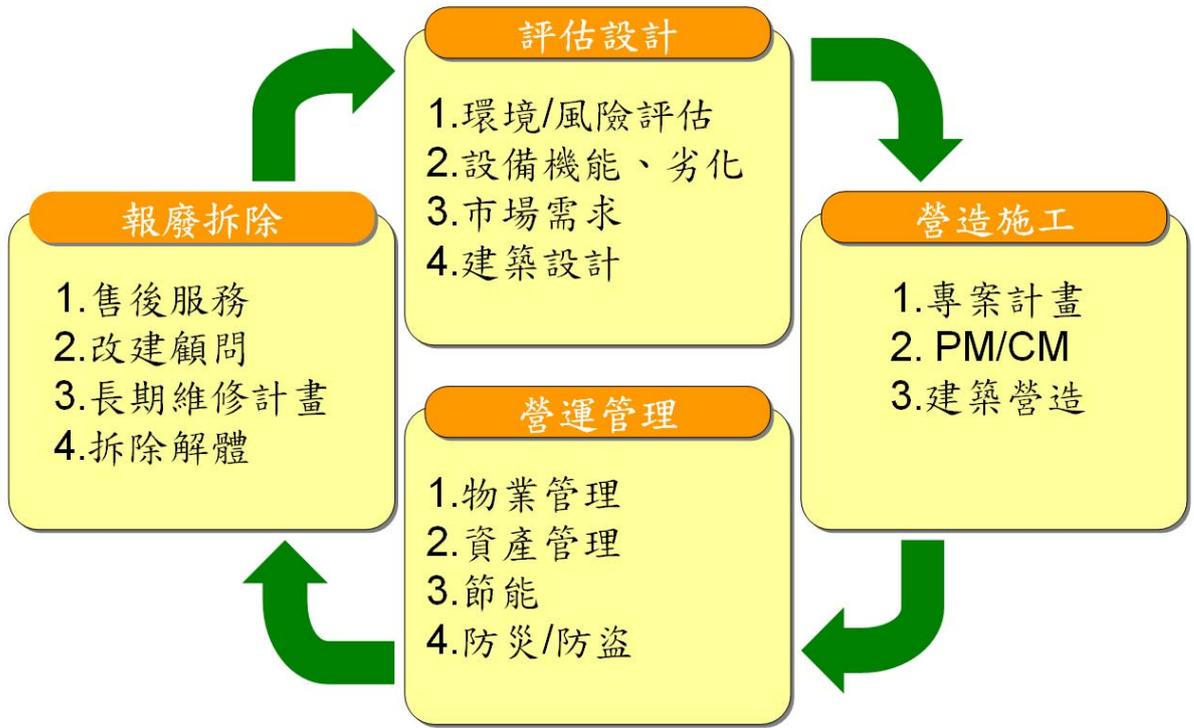


圖 1-1-1 生命週期的基本理念





圖 1-1-3 工程資訊未標準化情形【2】



圖 1-1-4 工程資訊標準化情形【2】

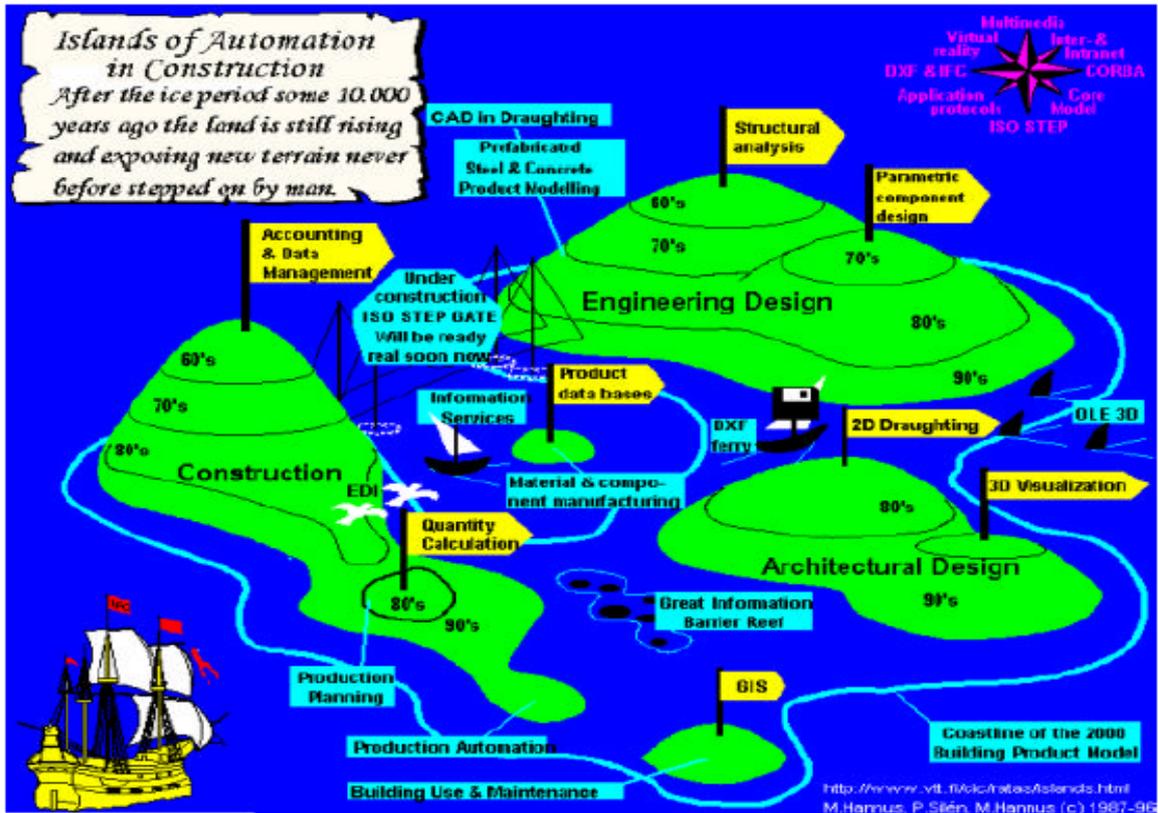


圖 1-1-5 自動化資訊孤島【5】

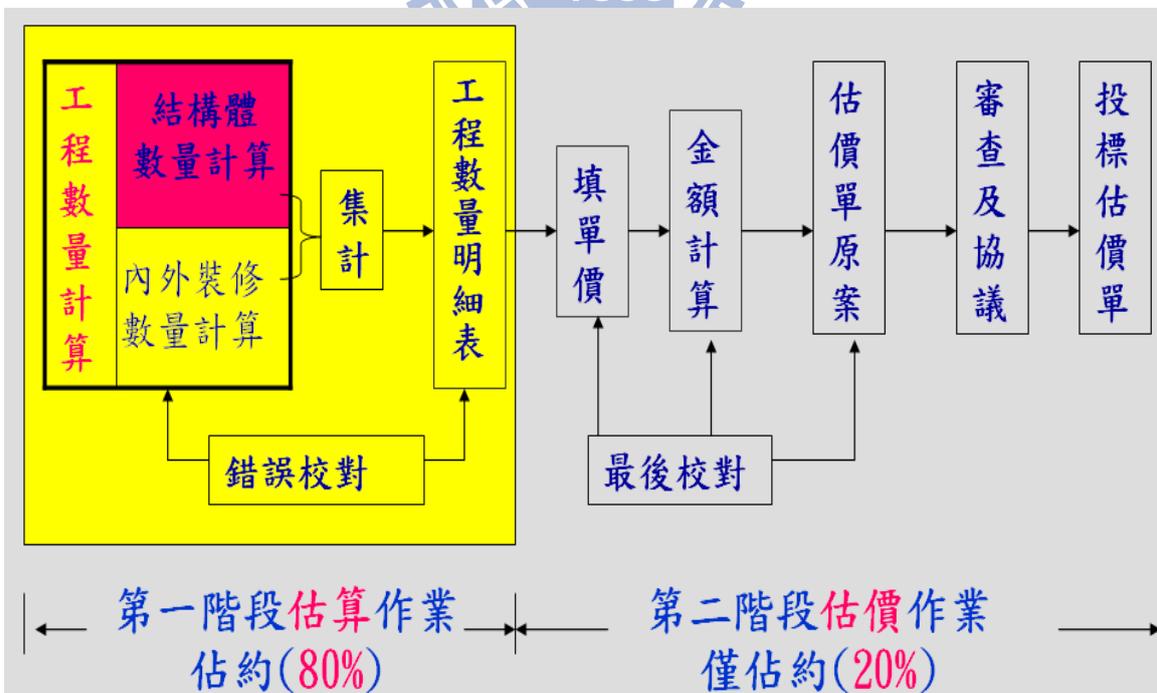


圖 2-3-1 估價作業流程圖

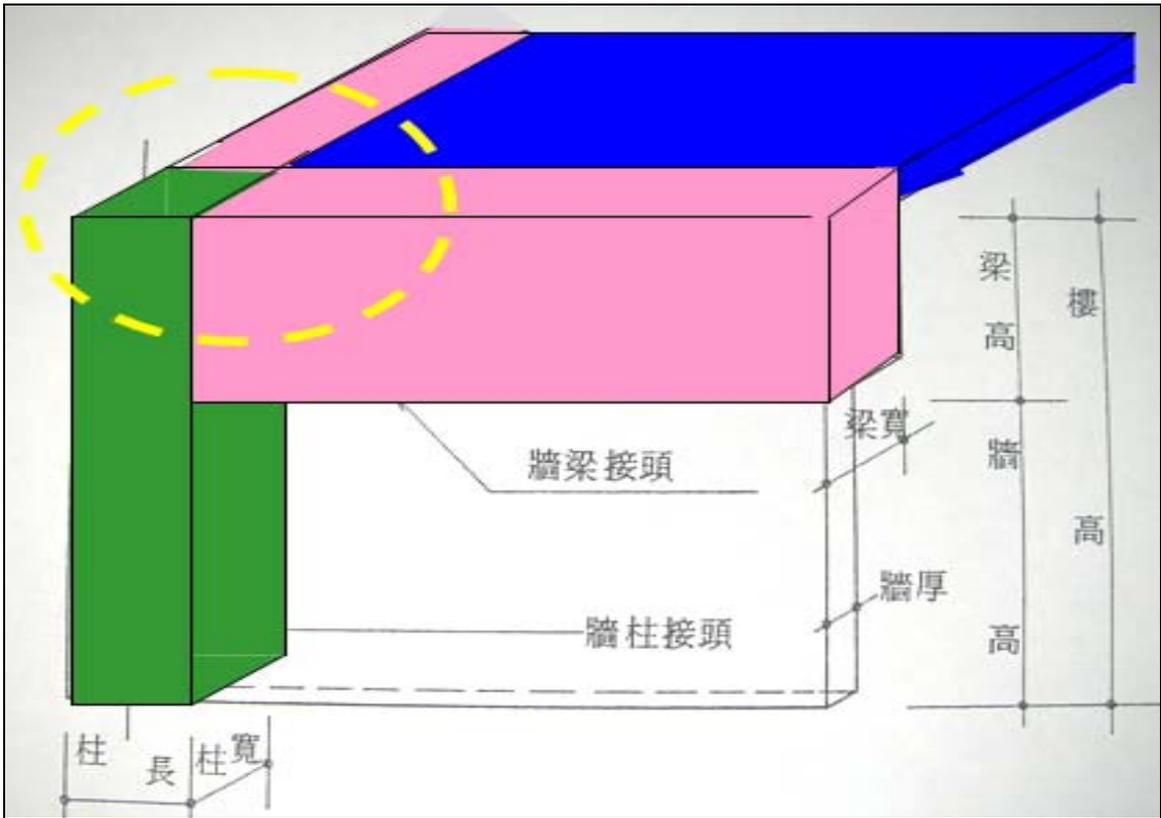


圖 2-3-2 柱梁優先方式圖例

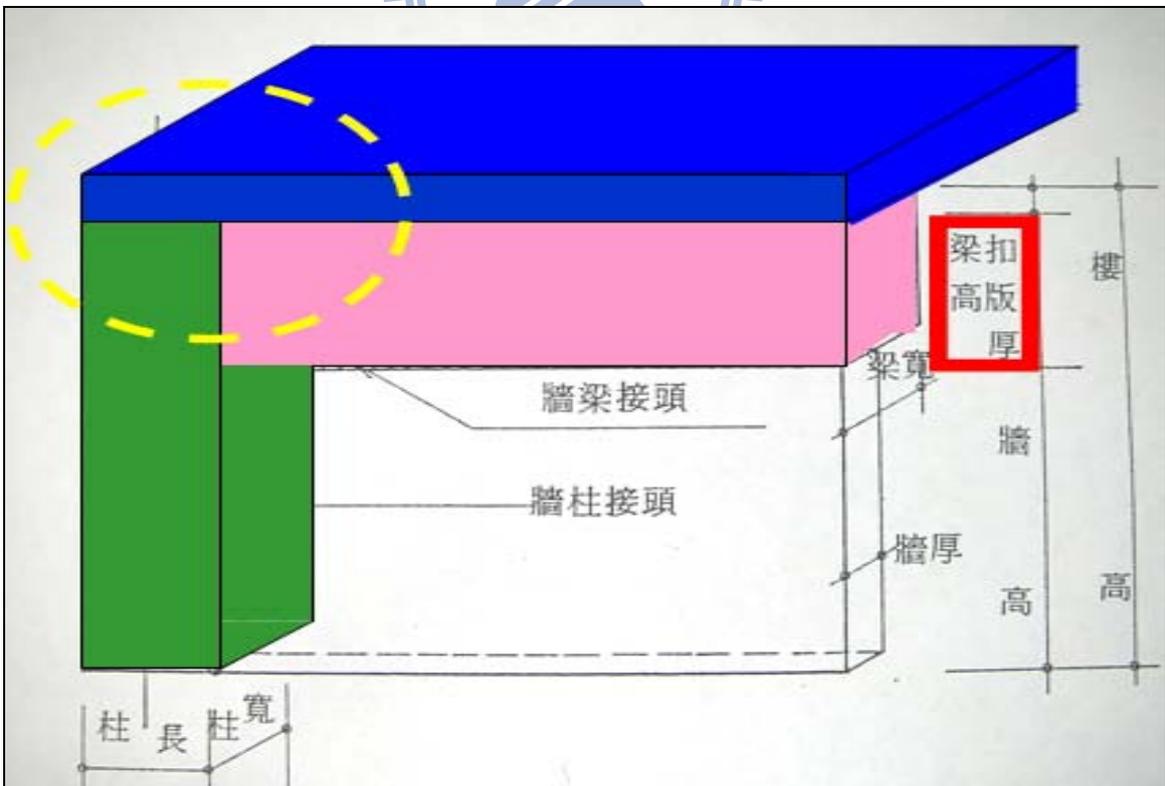


圖 2-3-3 樓版優先方式圖例

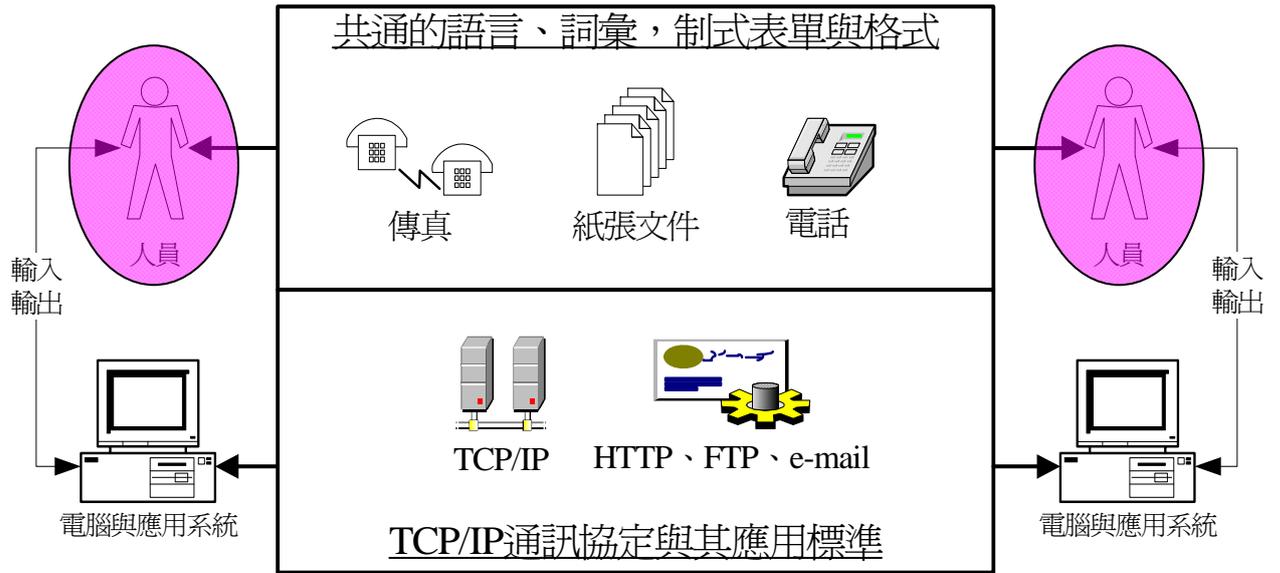


圖 3-1-1 人與人之間的資訊交換標準【13】

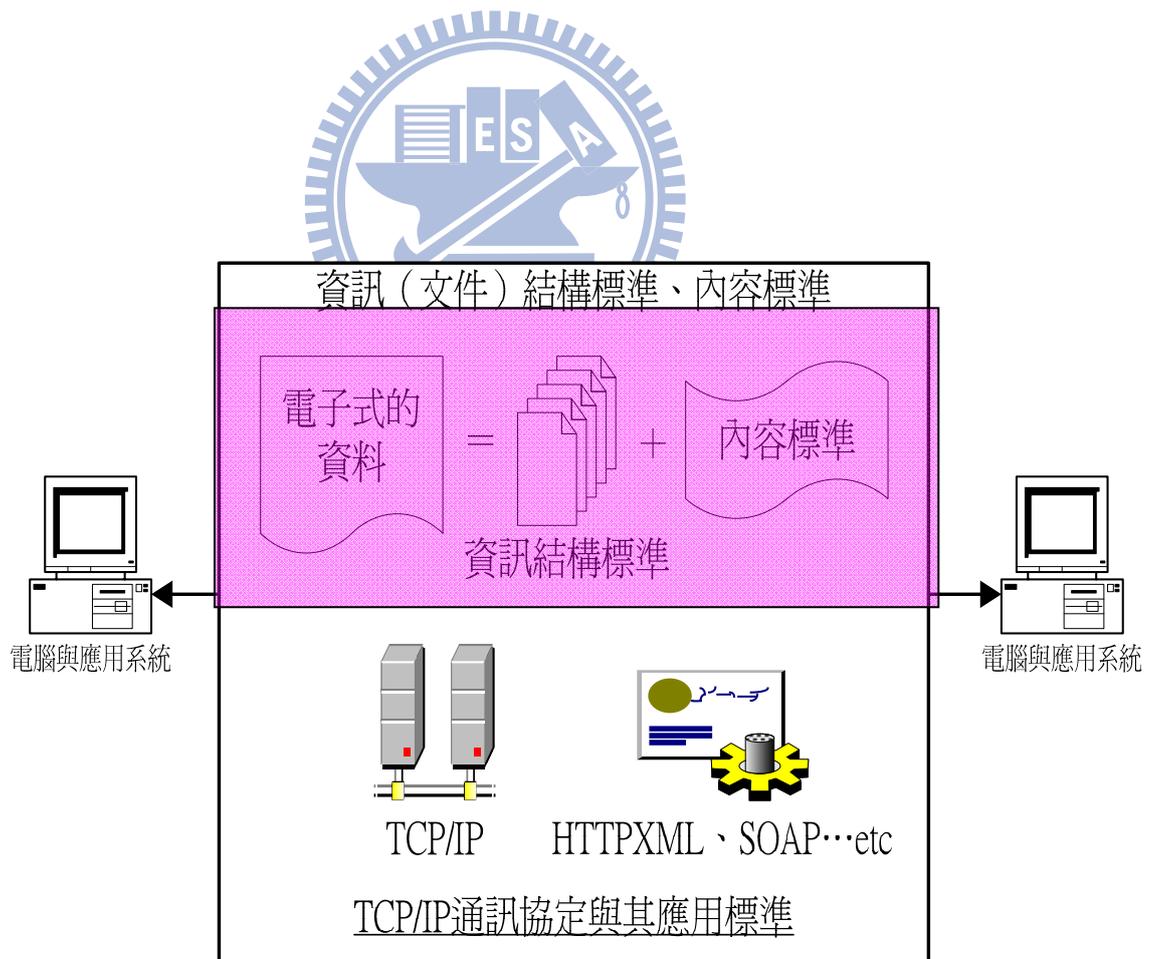


圖 3-1-2 電腦與電腦之間的資訊交換標準【13】

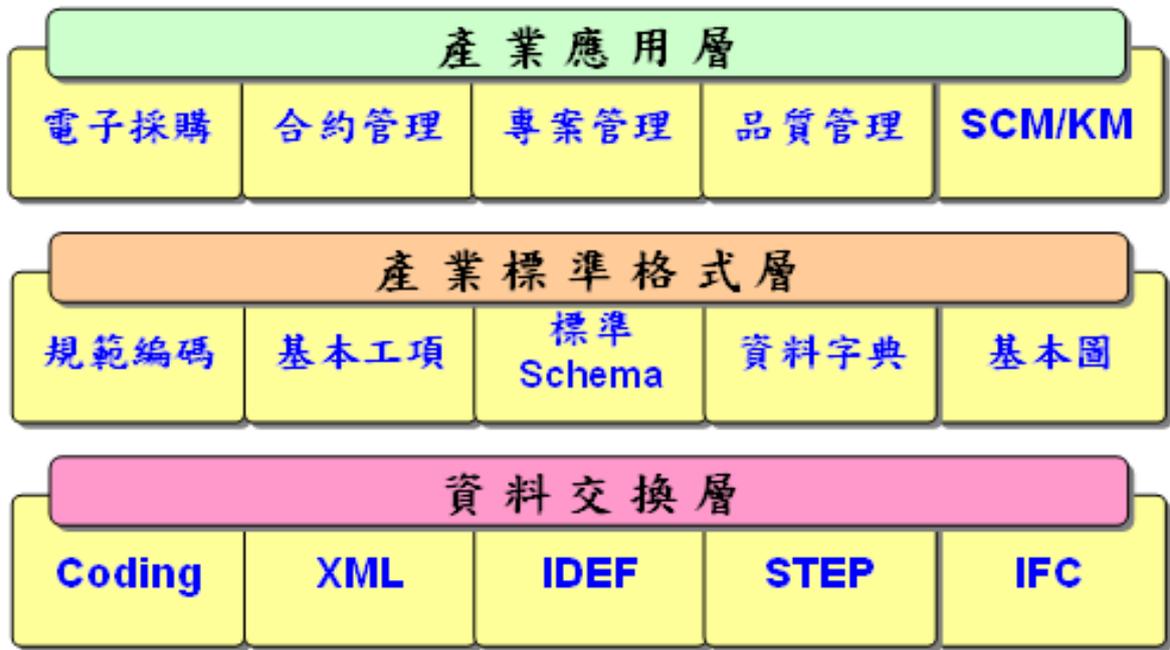


圖 3-1-3 產業資料交換標準架構示意圖

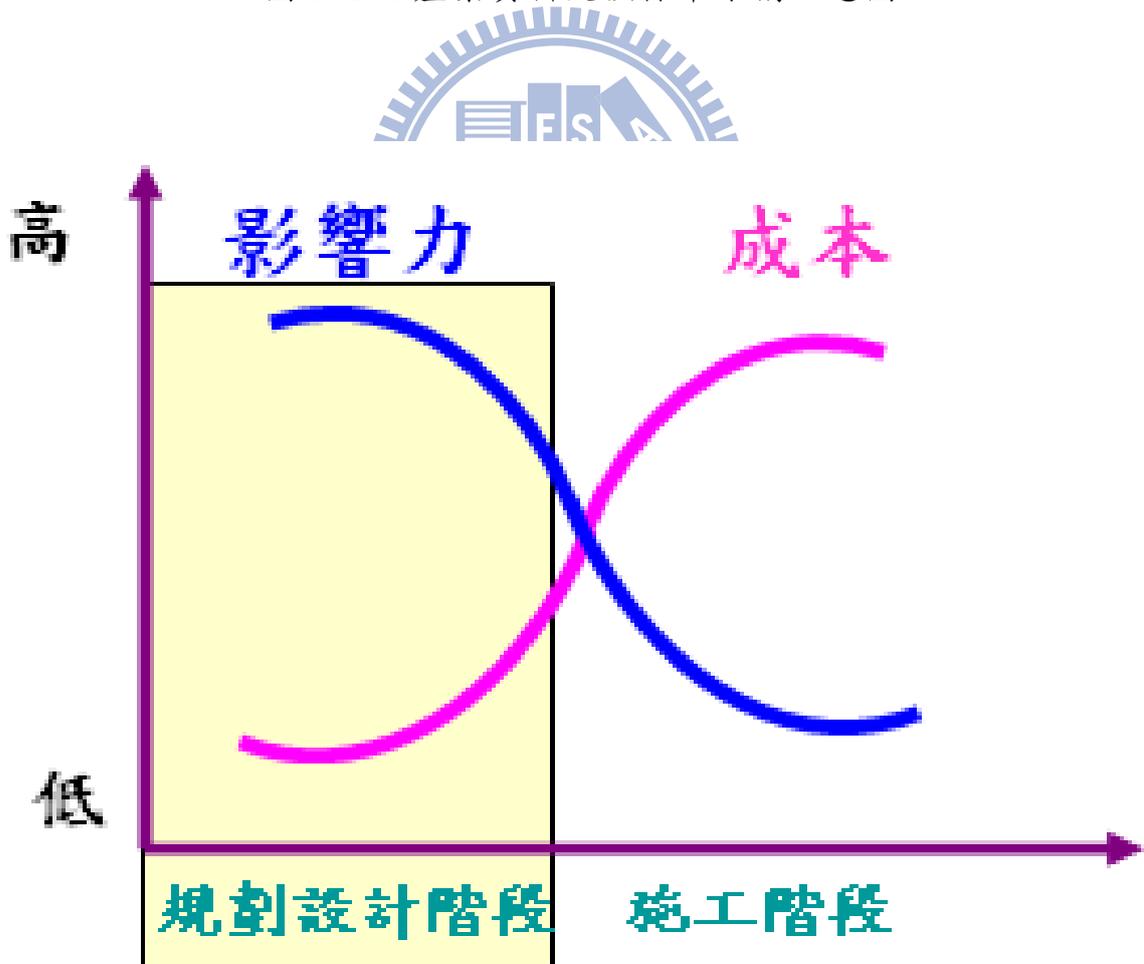


圖 3-3-1 生命週期影響力與變更成本

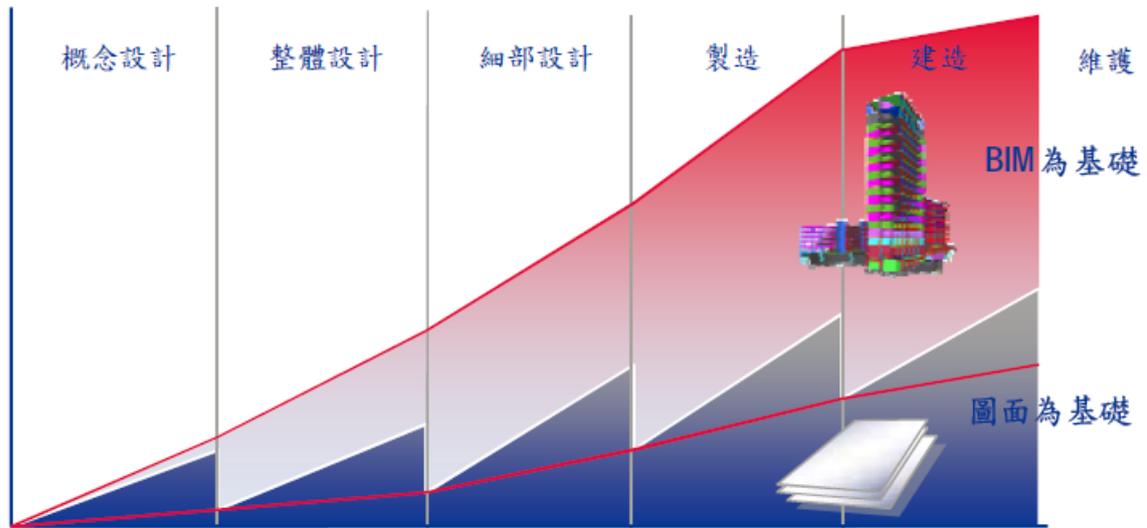


圖 3-3-2 BIM 資料累積傳遞 【18】

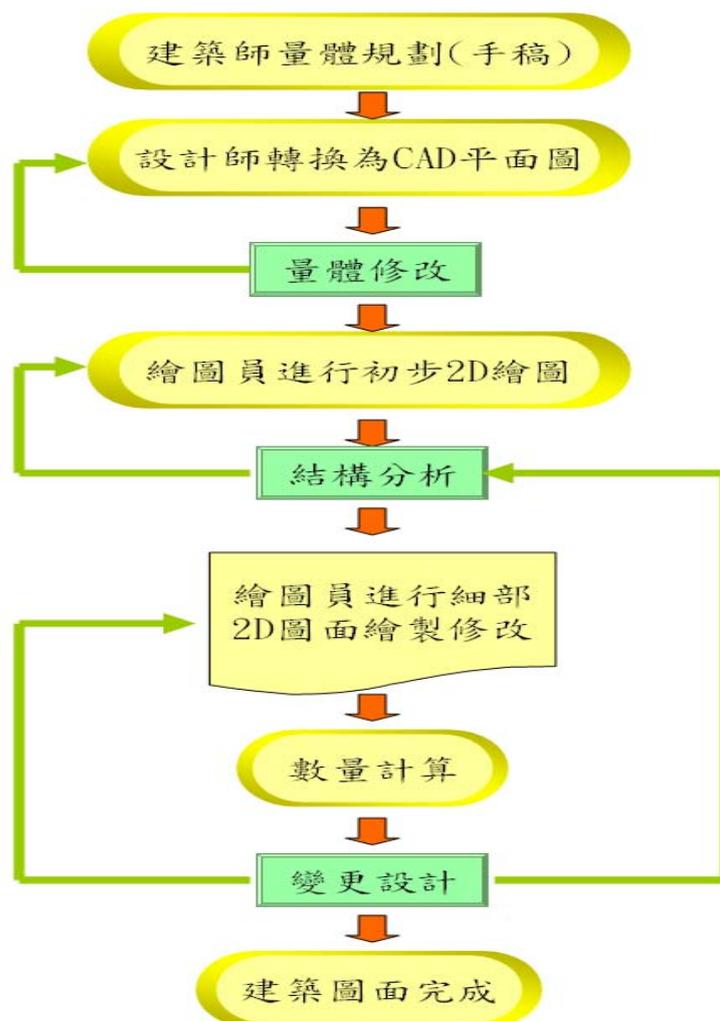


圖 3-3-3 傳統設計作業流程

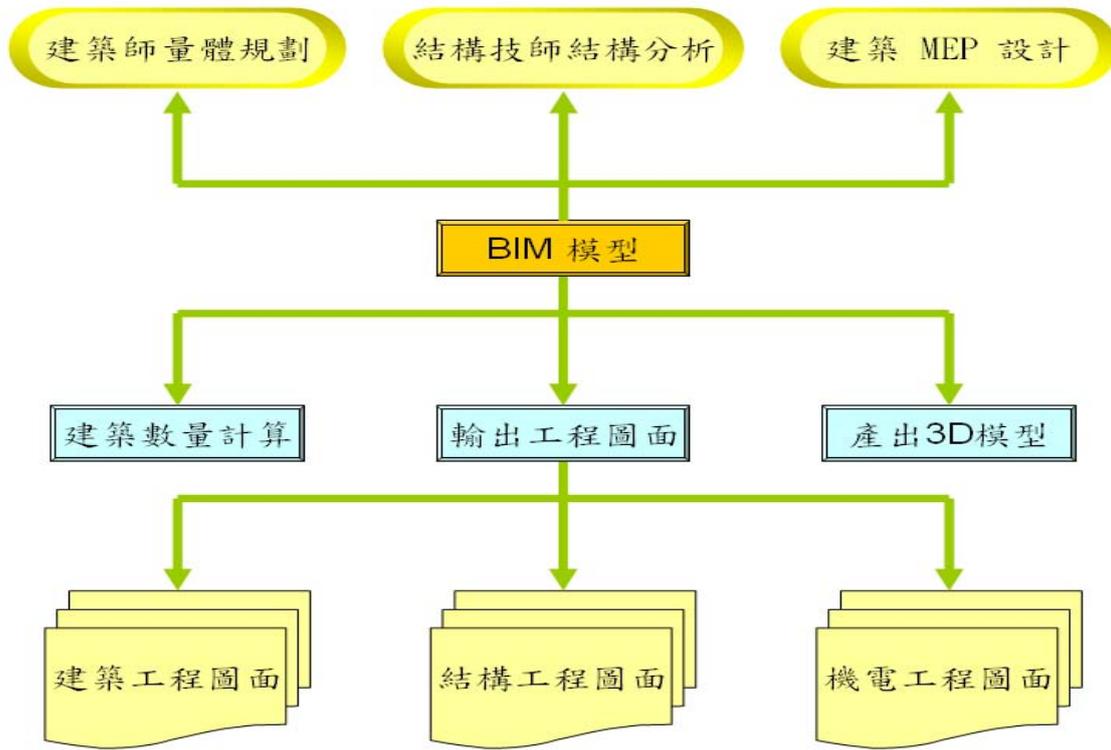


圖 3-3-4 導入 BIM 後之設計工作流程

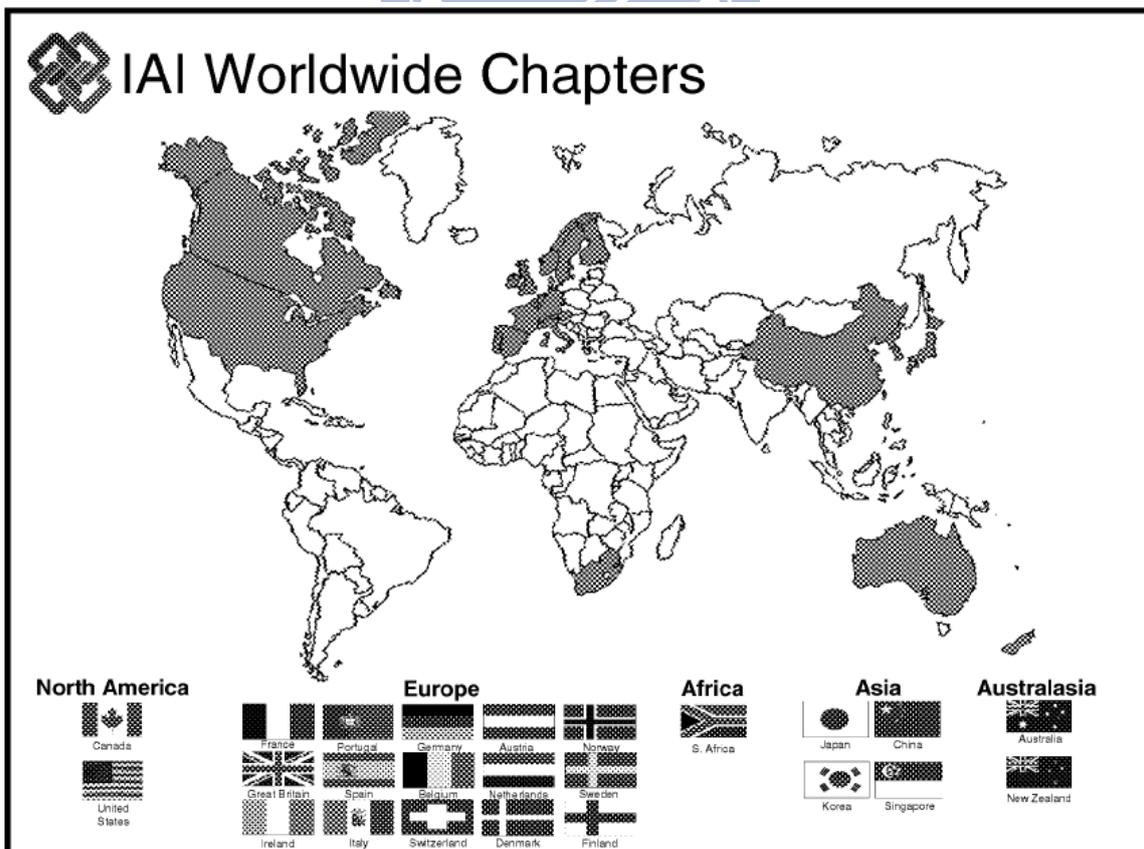


圖 3-4-1 國際協同工作聯盟 IAI 組織成員分佈圖【21】



圖 3-4-2 IAI/Building Smart 【3】

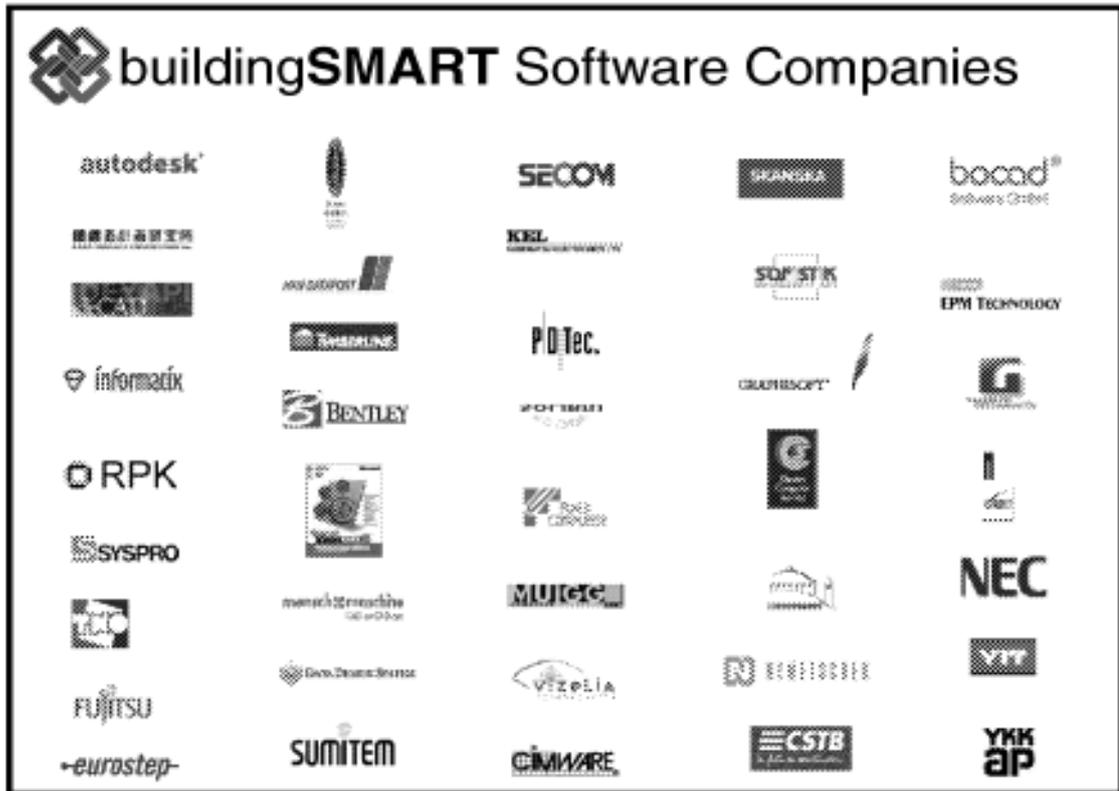


圖 3-4-3 以 BIM 概念結合 IFC 模型標準之繪圖軟體 【21】

Nr	Task	2007				2008				2009				2010				2011			
		Q4	Q1	Q2	Q3	Q4															
1	ISO16739																				
2	NWI																				
3	DIS																				
4	FDIS																				
5	IS																				
6	IFC2x4																				
7	Alpha																				
8	Beta 1																				
9	Beta 2																				
10	RC 1																				
11	Final																				

圖 3-4-4 IFC 發展圖 【24】



圖 3-4-5 IFC 2x3 【24】

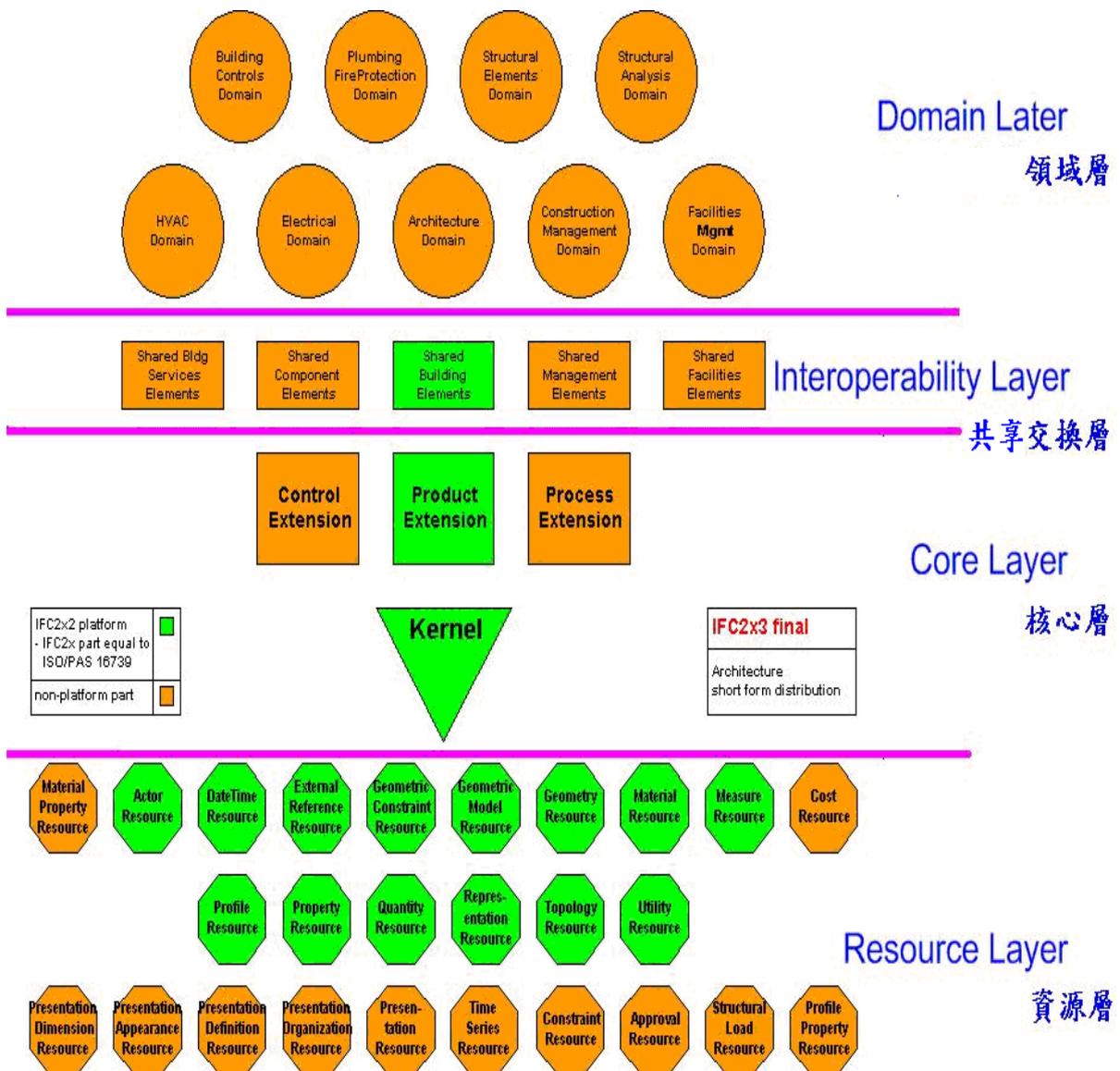


圖 3-4-6 IFC 架構圖 【19】

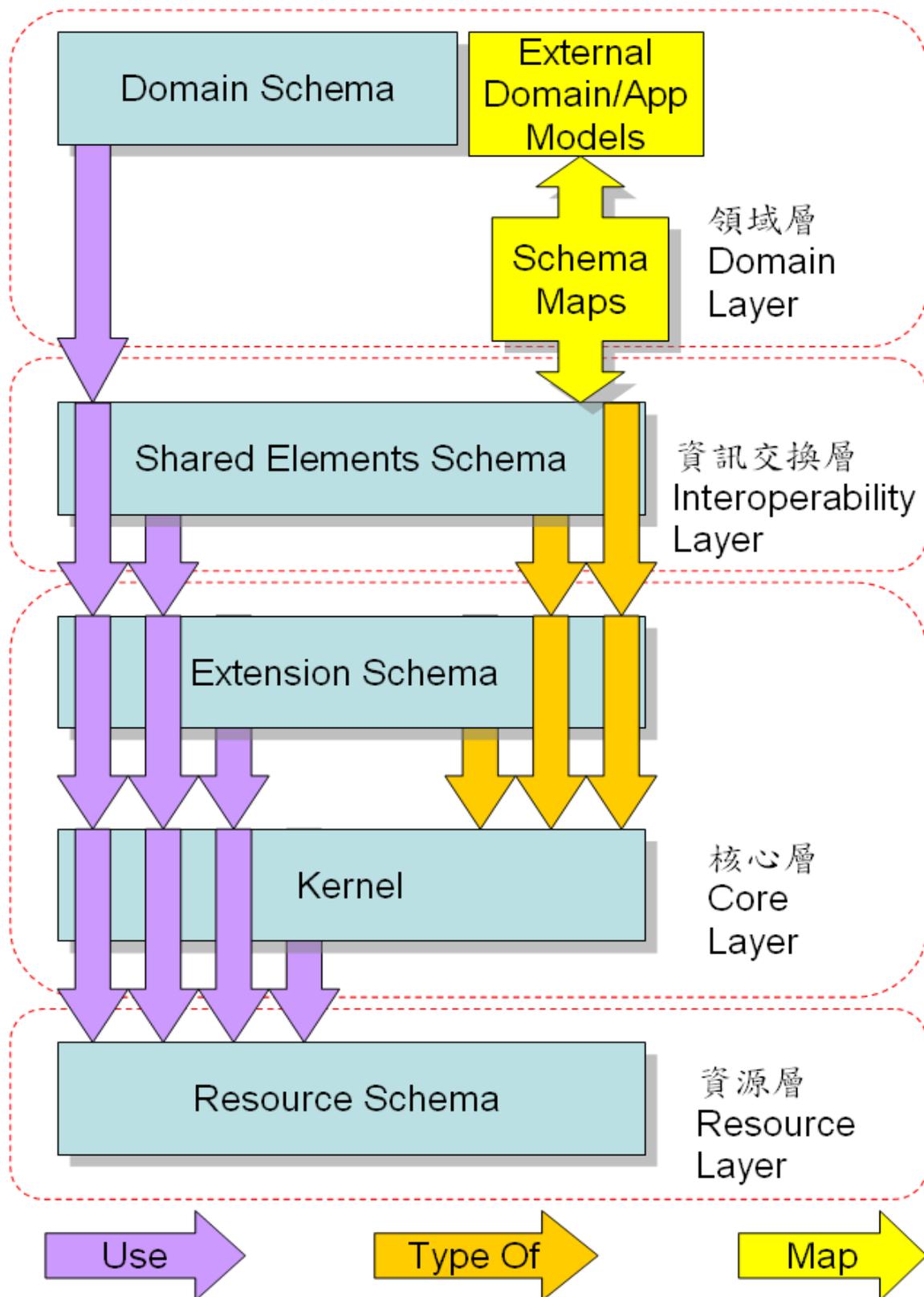


圖 3-4-7 IFC 參照原則

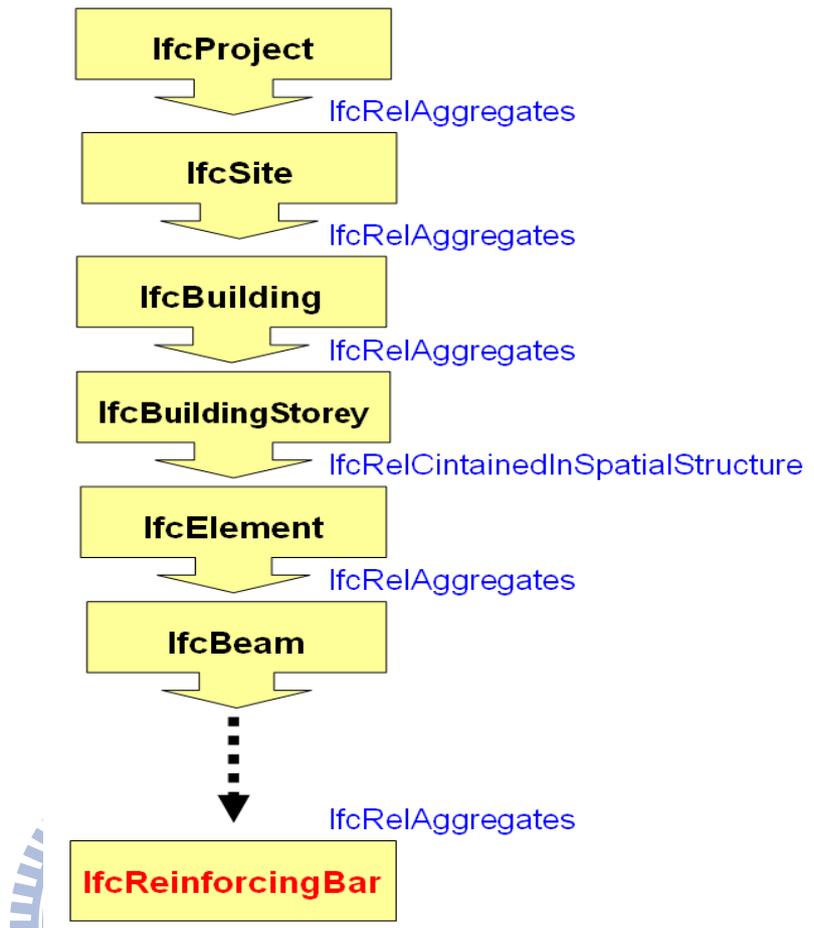


圖 3-4-8 IFC 資訊架構圖

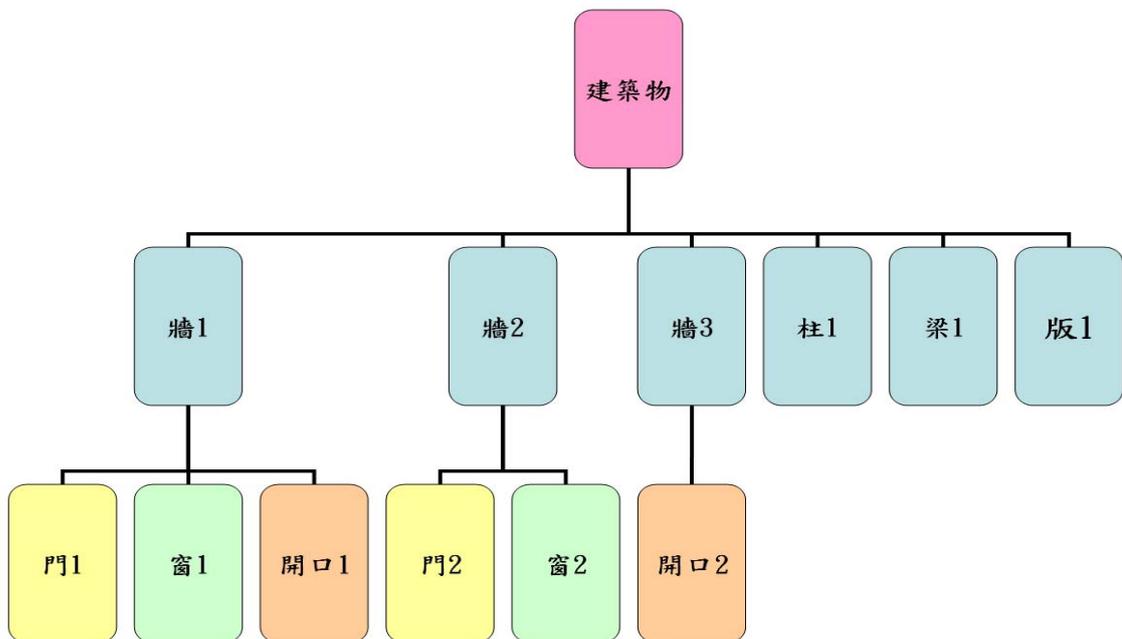


圖 3-4-9 IFC 圖檔之建築物件關係示意圖

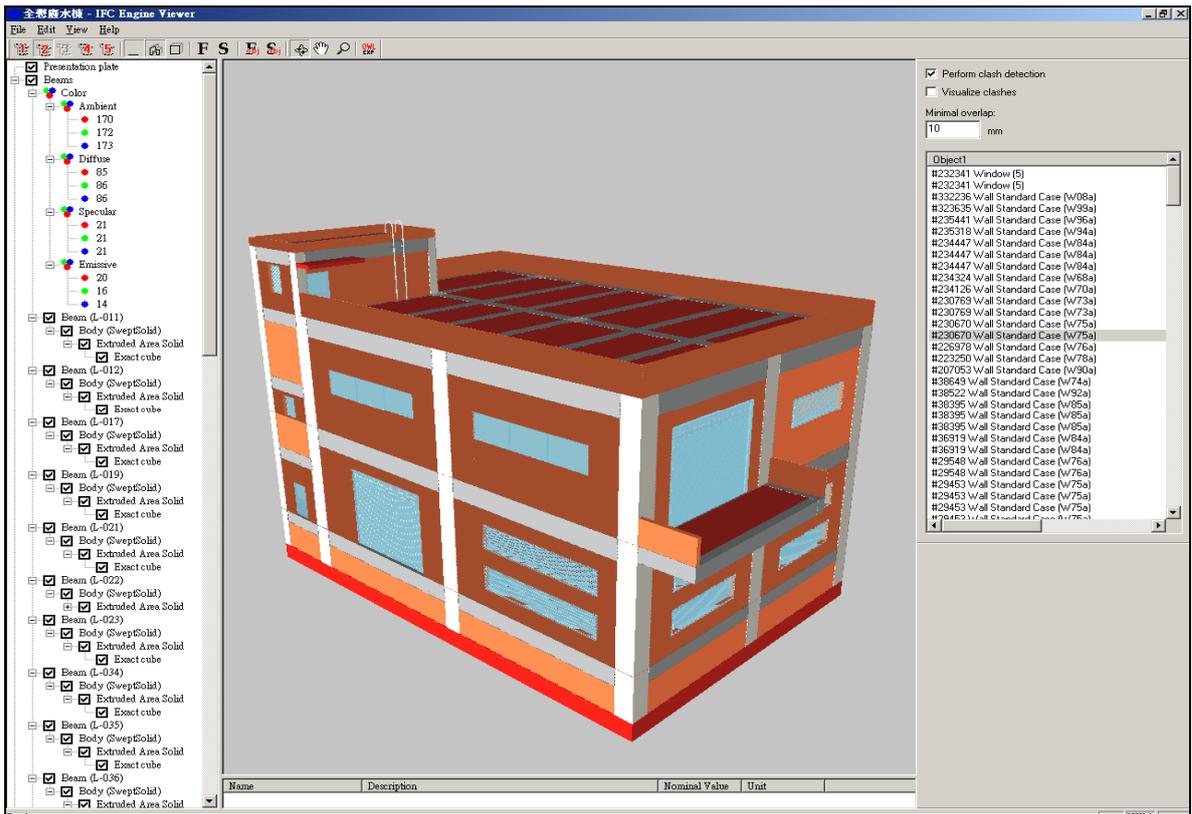


圖 3-4-12 以 IFC Engine Viewer 開啟 IFC 資訊內容

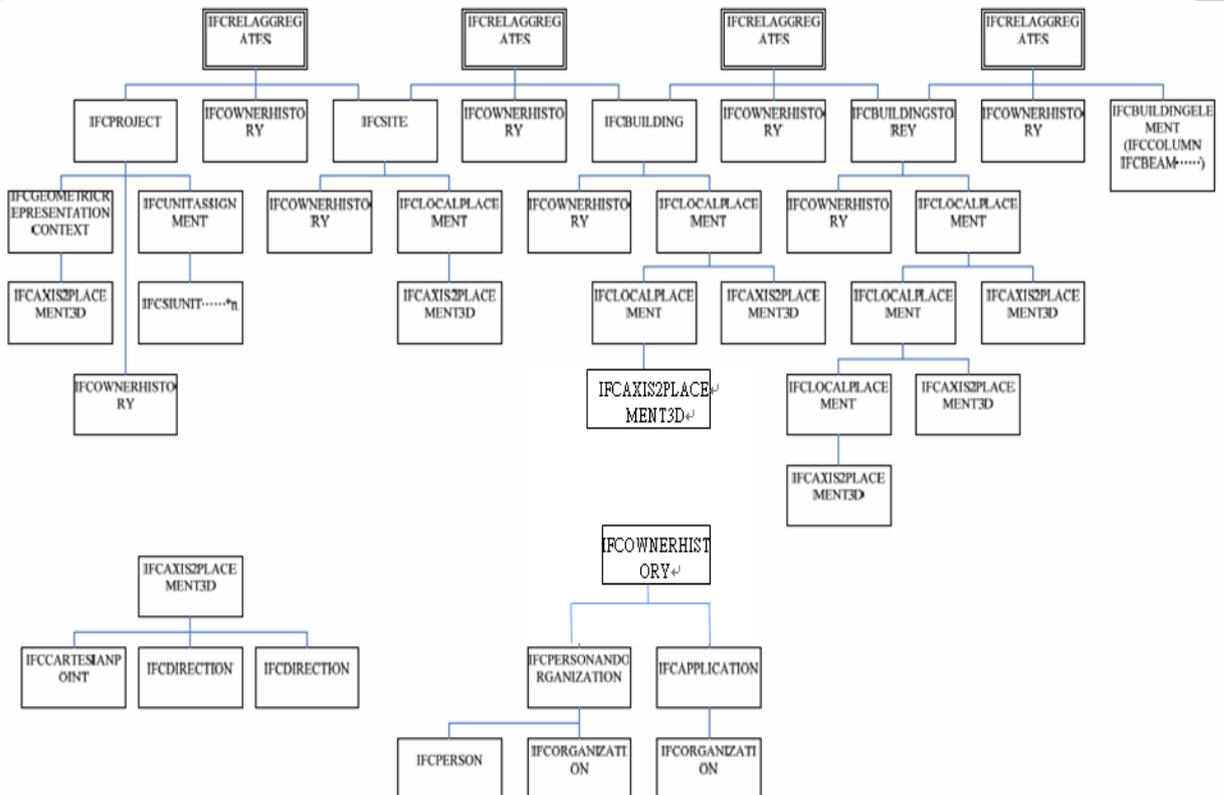


圖 3-4-13 完整 IFC 檔必要類別樹狀圖

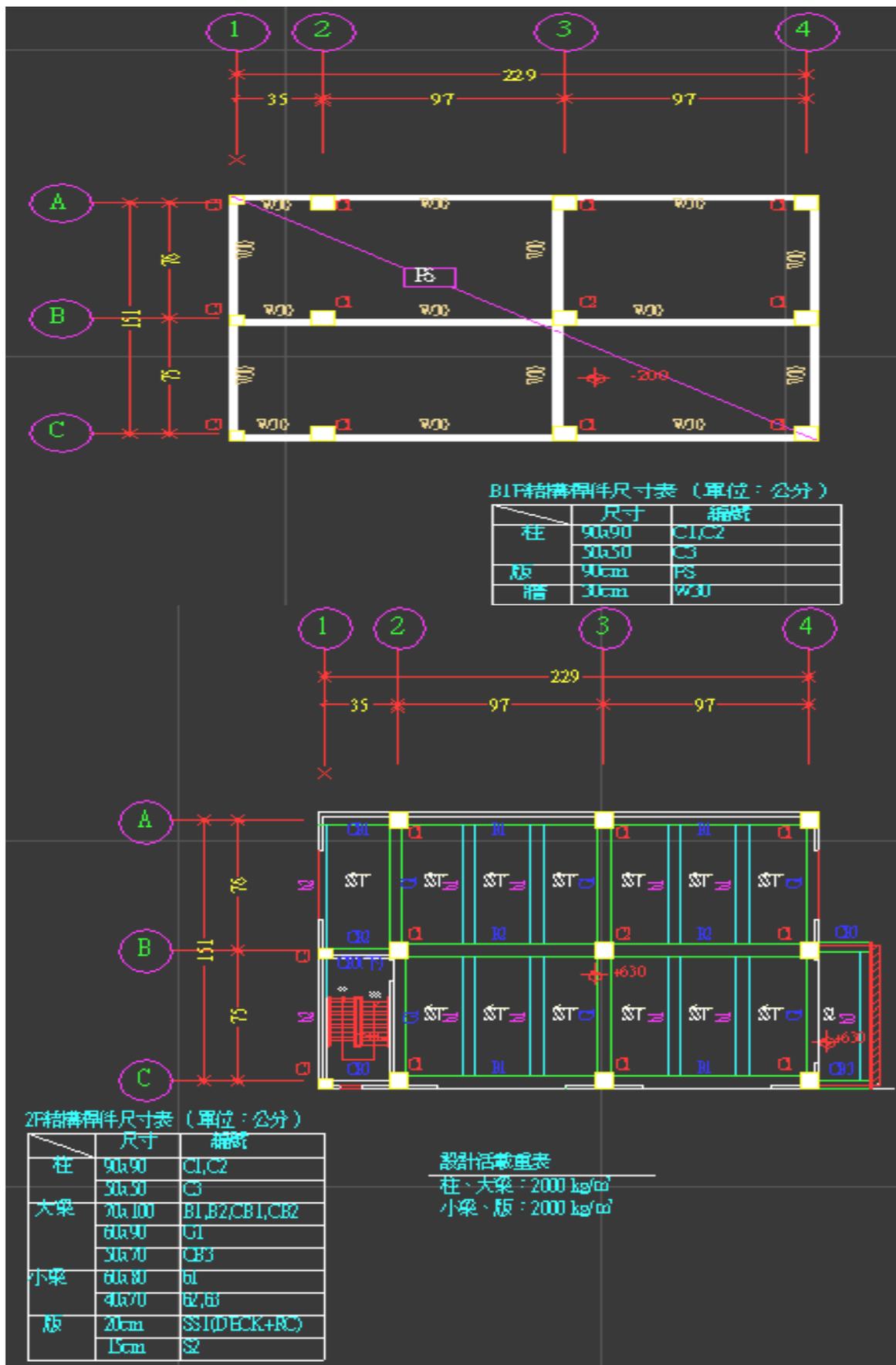


圖 4-2-1 AutoCAD 繪製 傳統 2D 平面圖示

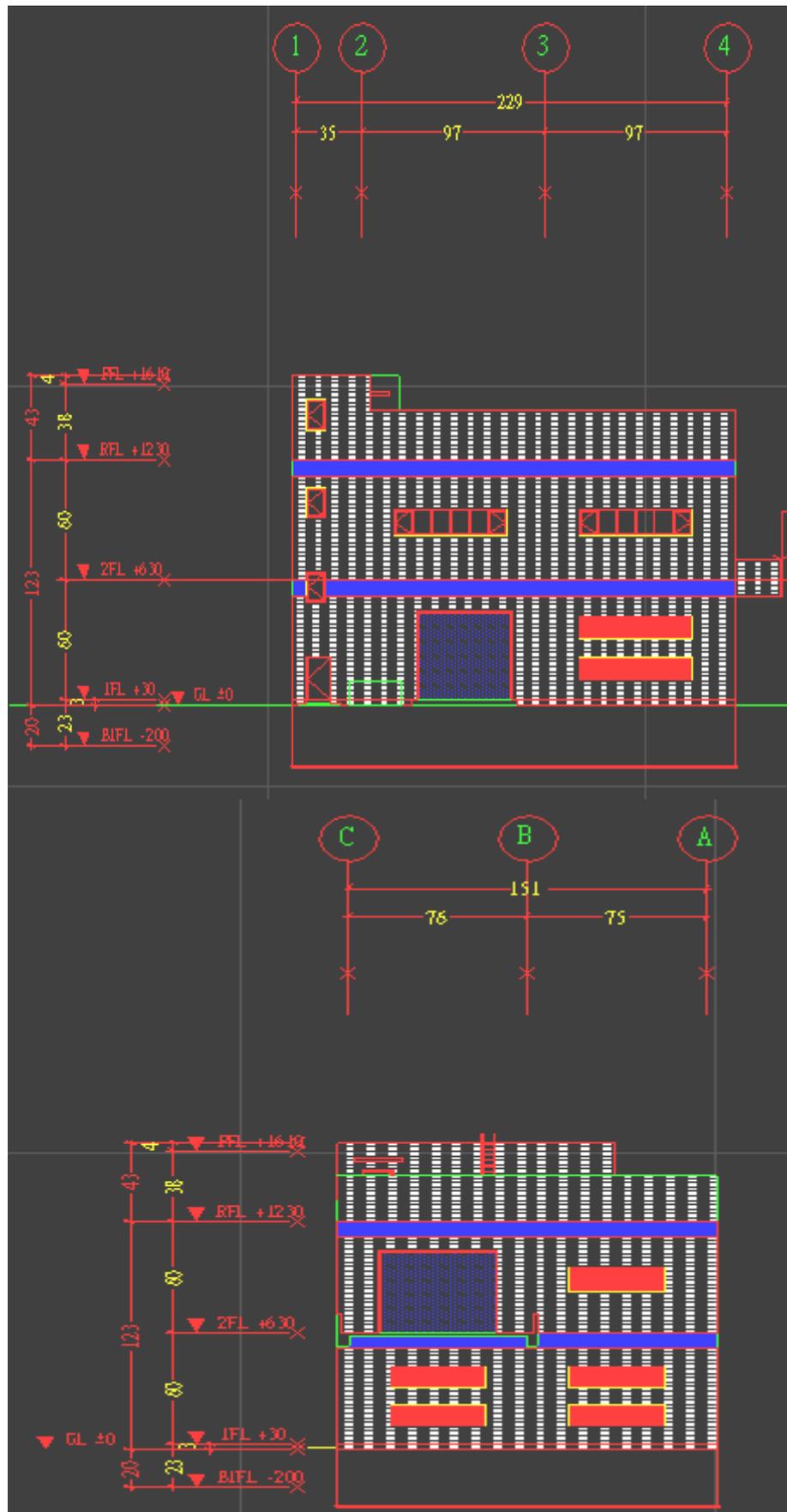


圖 4-2-2 AutoCAD 繪製 傳統 2D 立面圖示

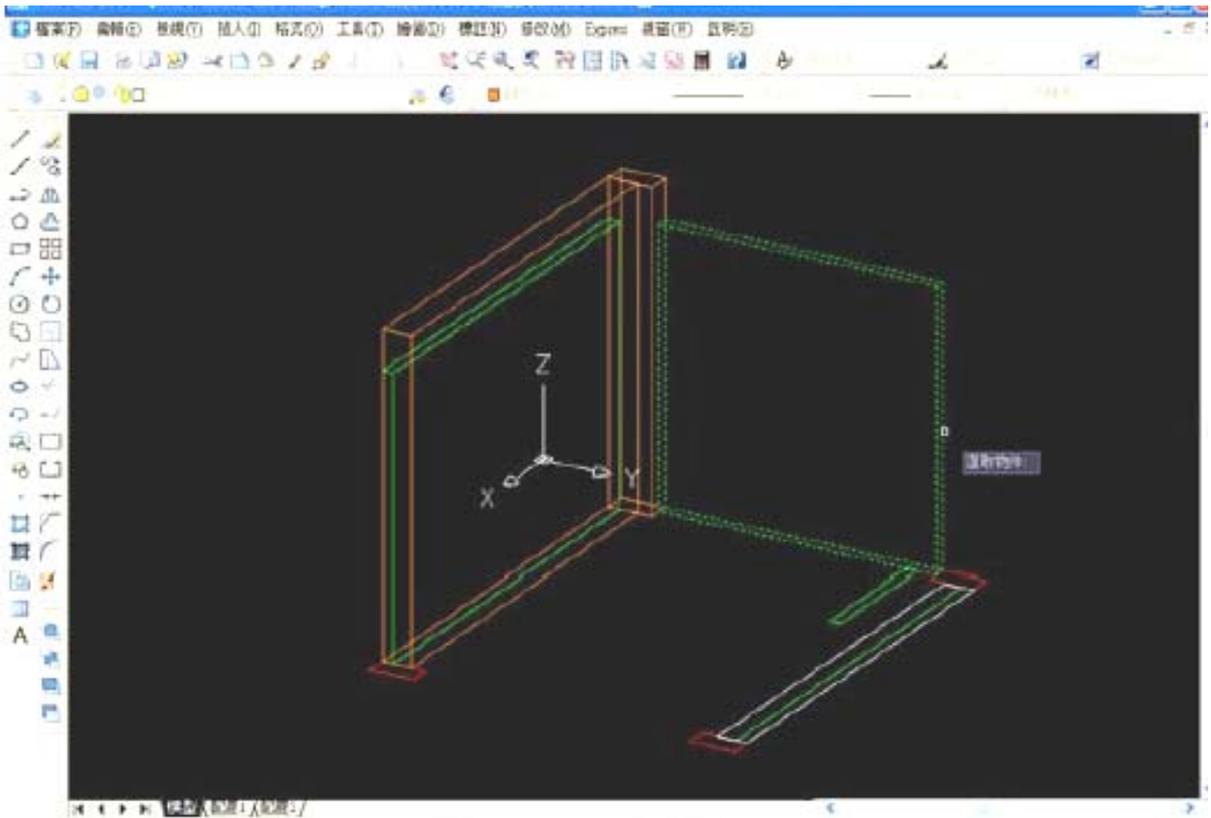


圖 4-2-3 AutoCAD 3D 線架構模型【29】

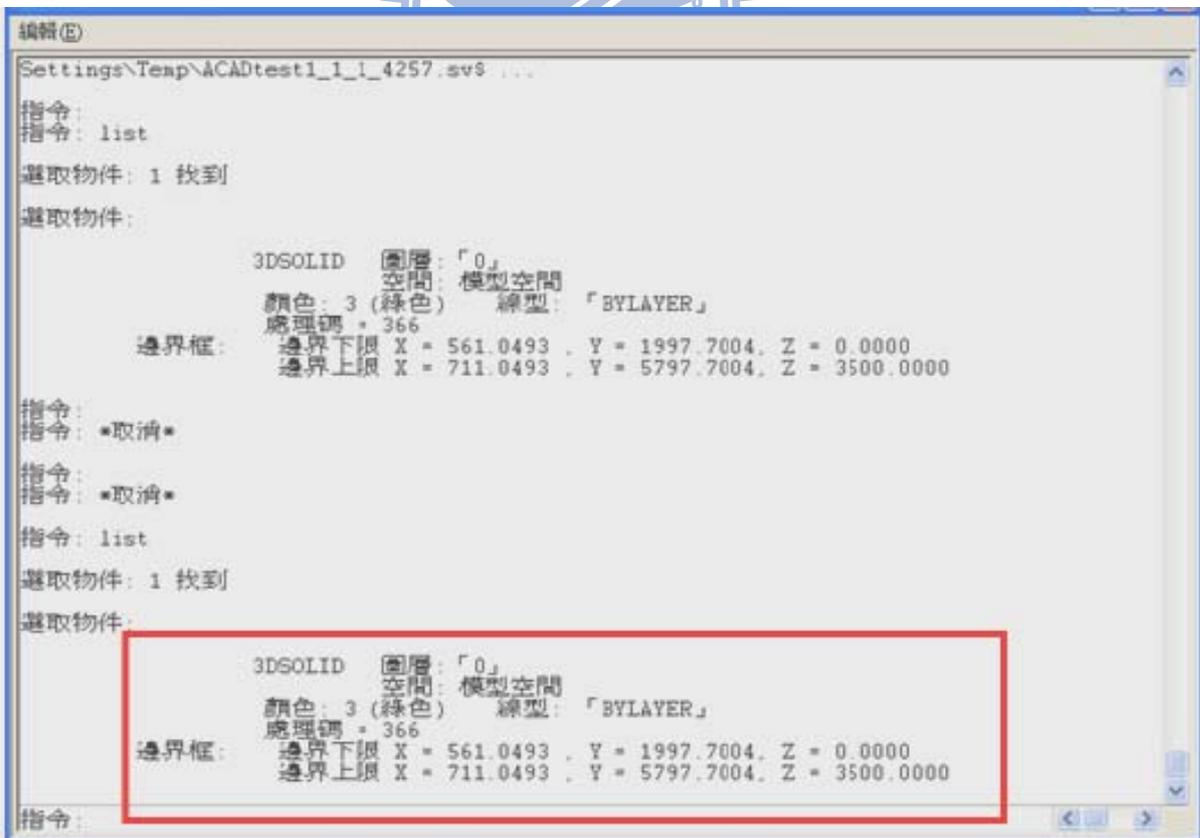


圖 4-2-4 AutoCAD 3D 線架構模型查詢圖示【29】

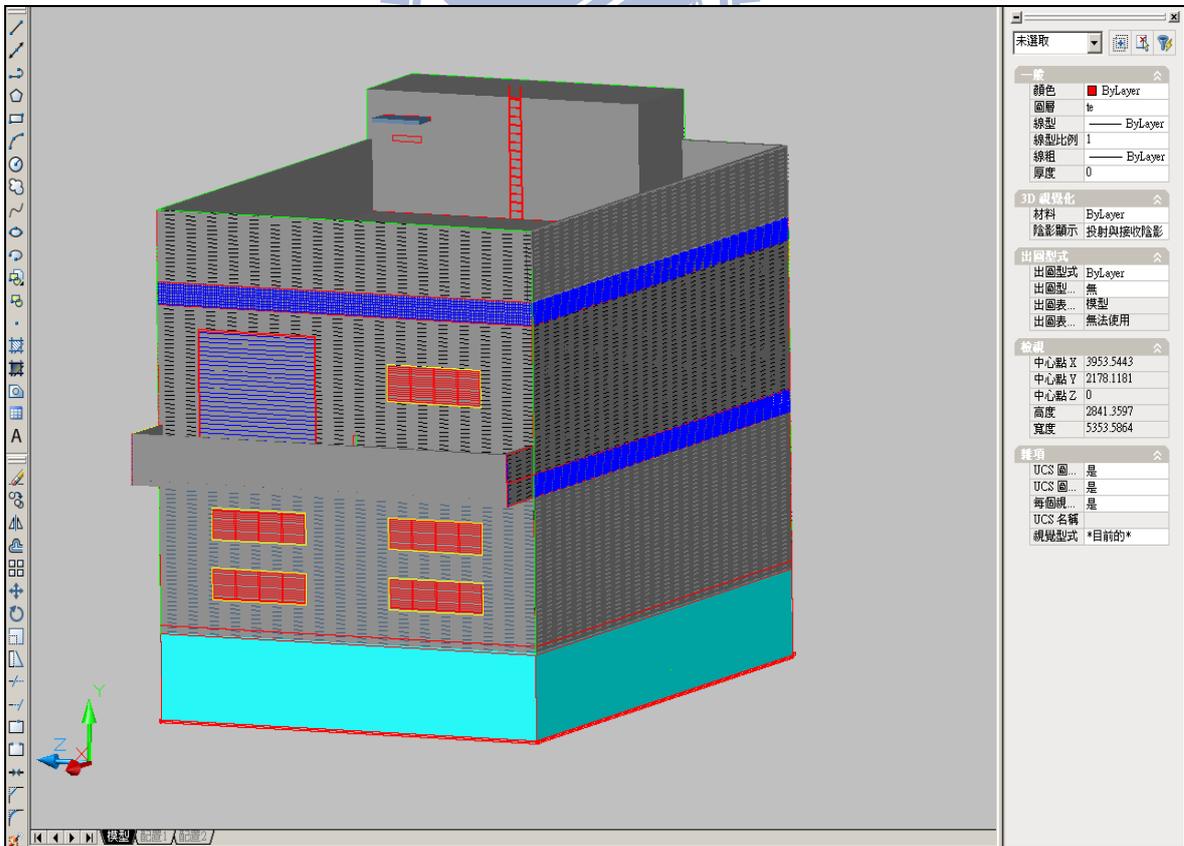
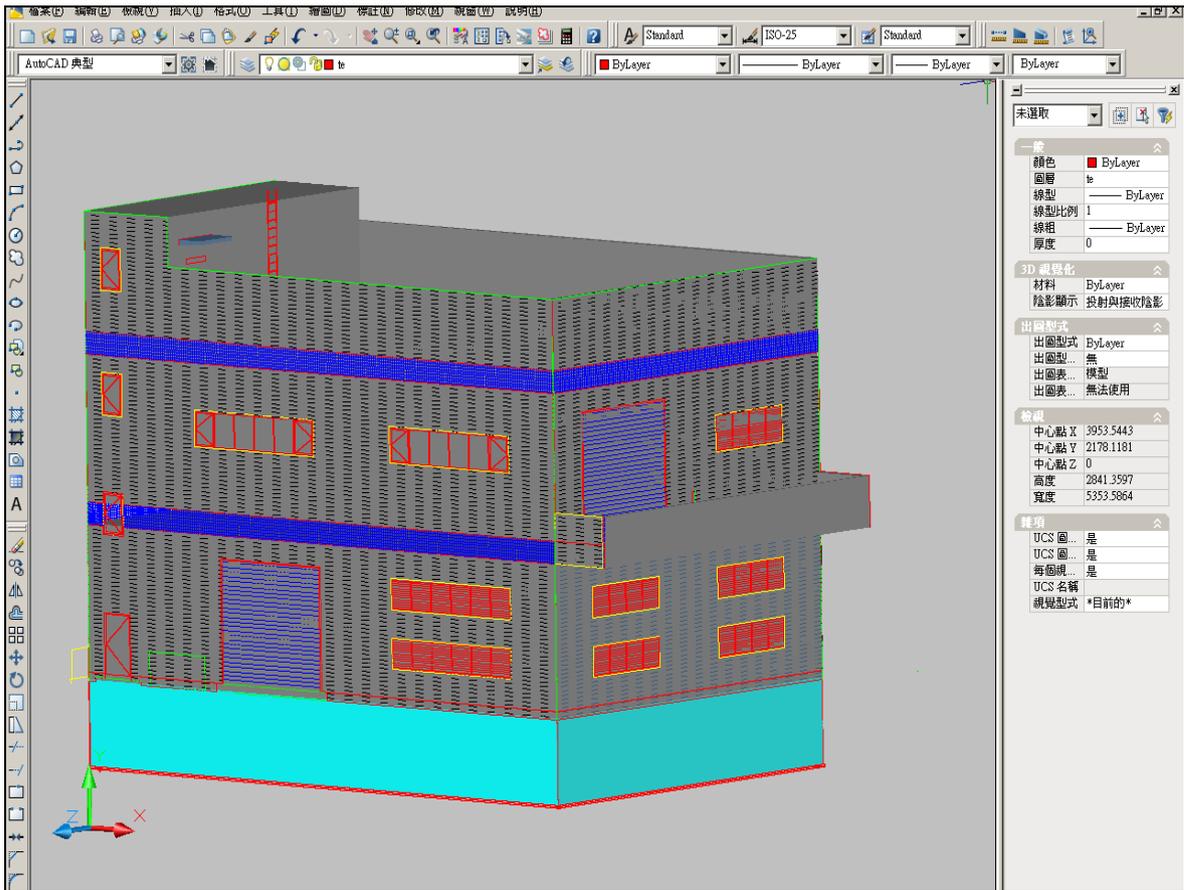


圖 4-2-5 AutoCAD 繪製 傳統 3D 立面圖示

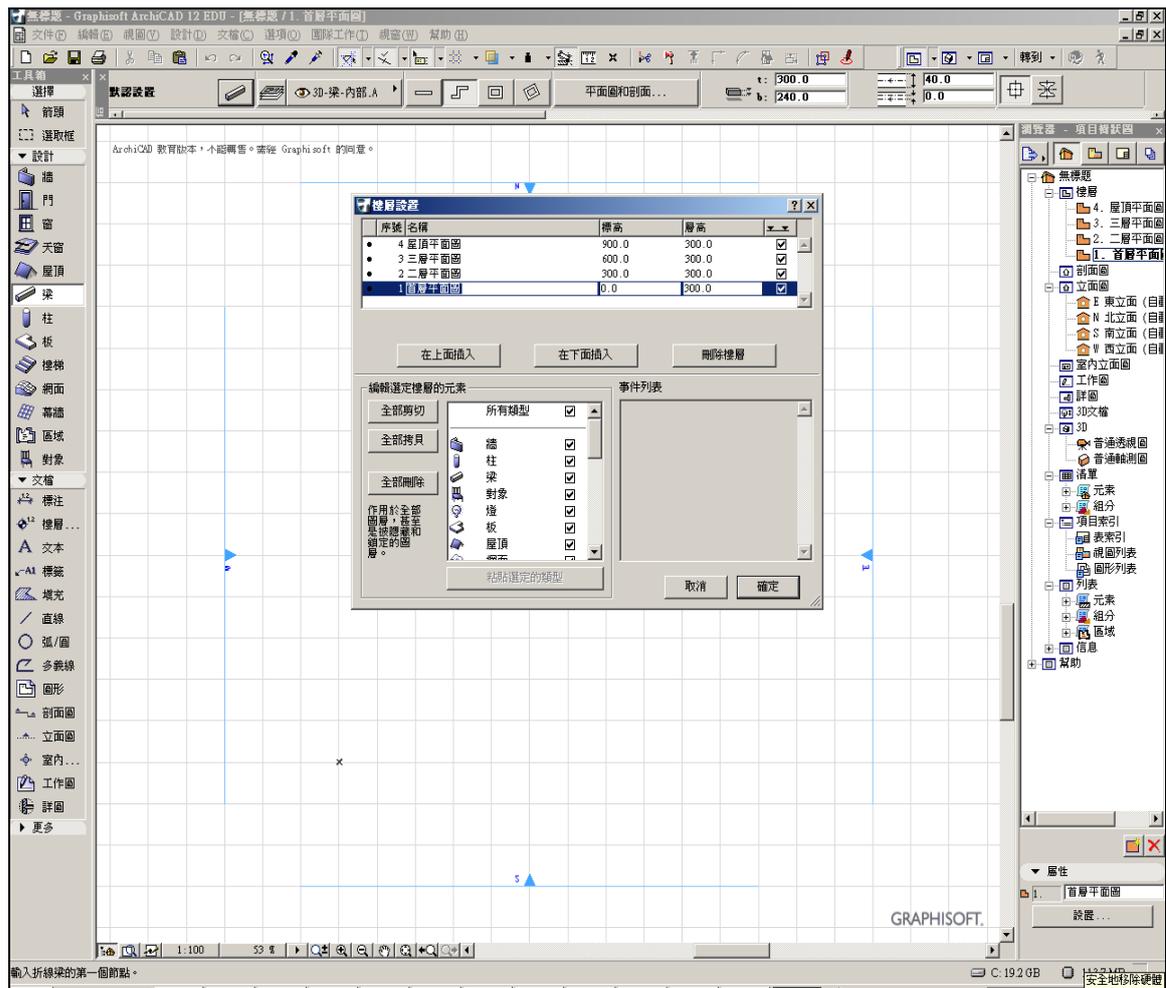


圖 4-3-1 ArchiCAD 樓層設定

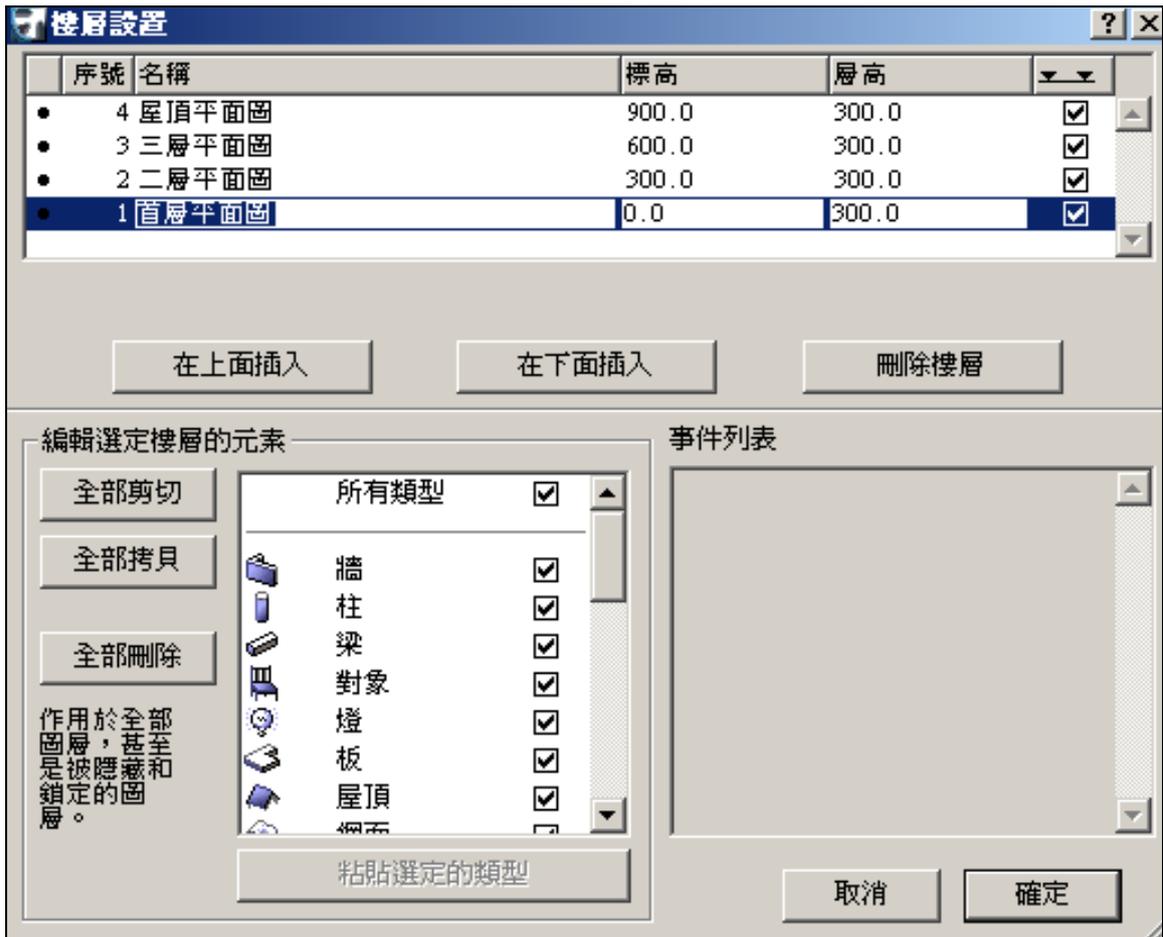


圖 4-3-2 ArchiCAD 樓層設置

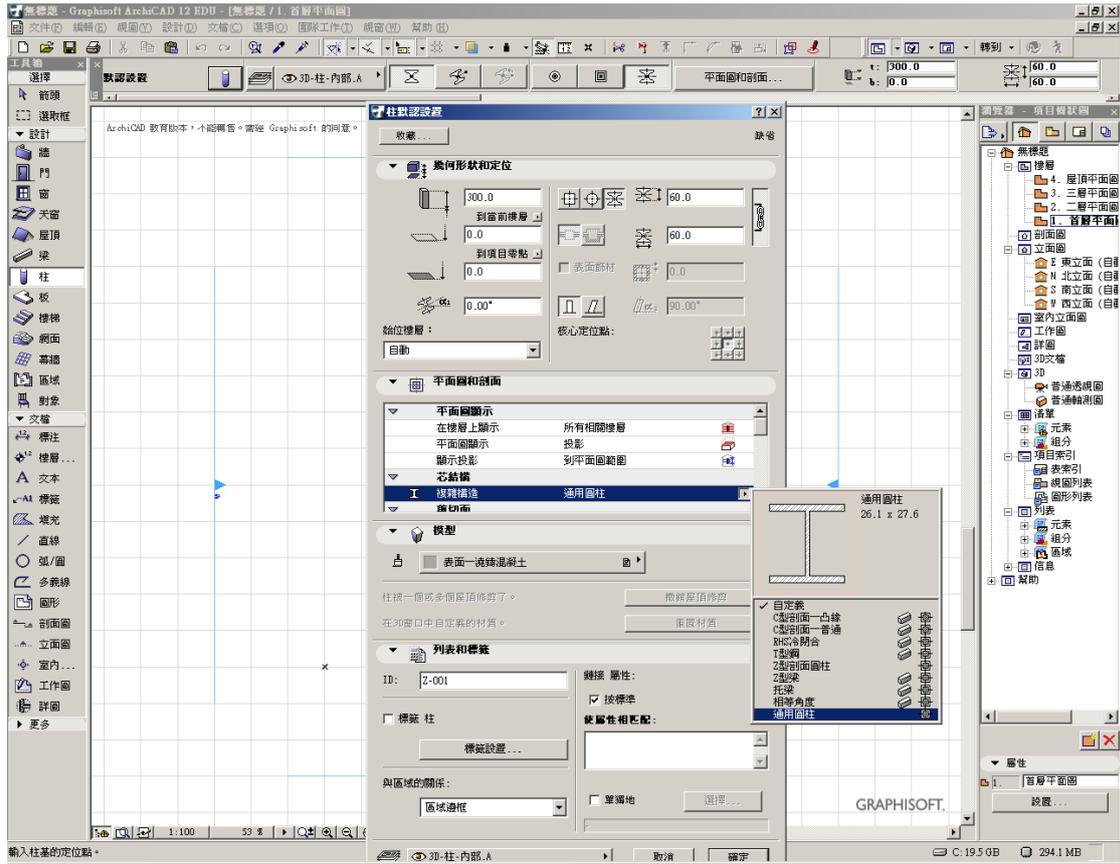


圖 4-3-3 ArchiCAD 柱設定

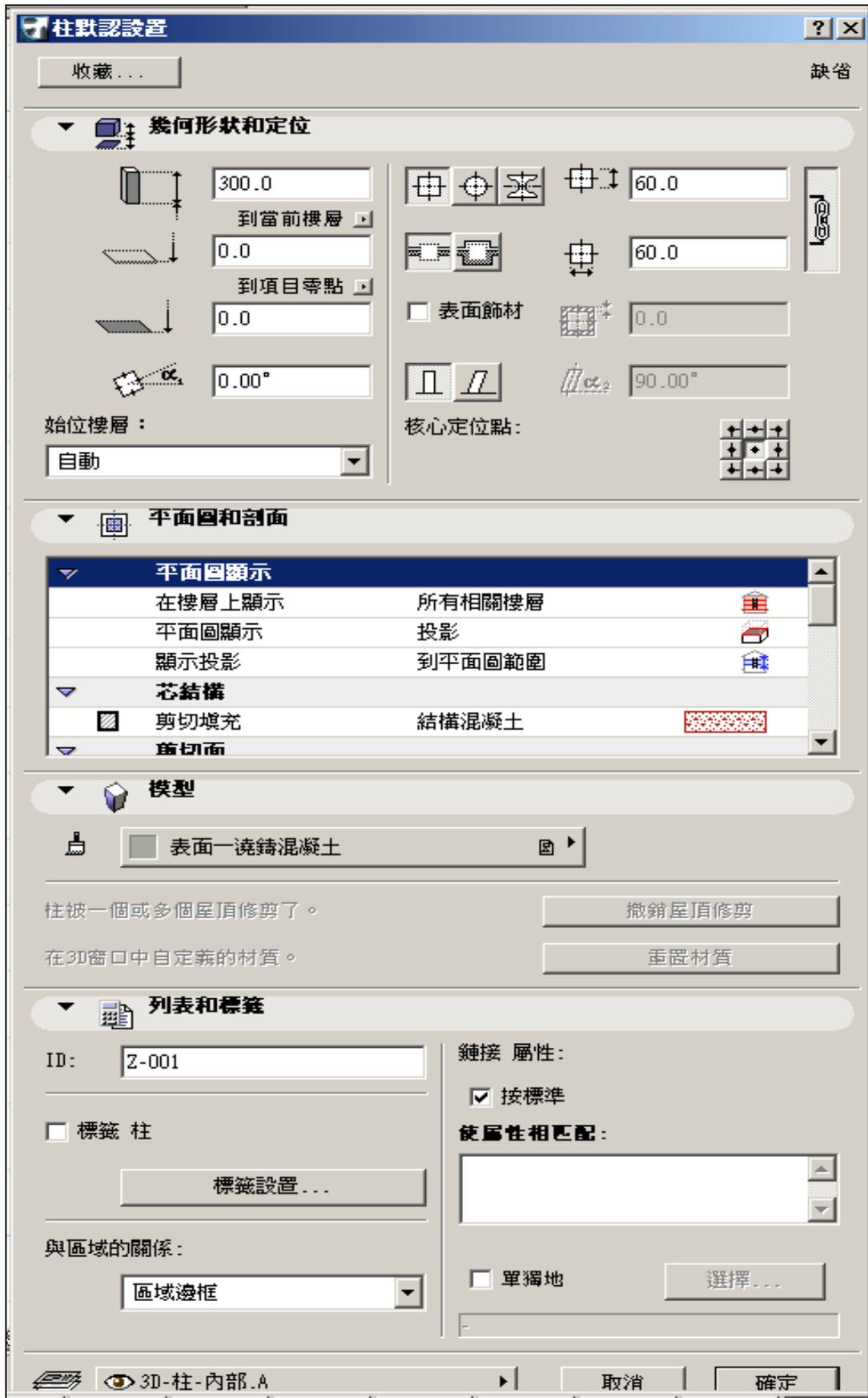


圖 4-3-4 ArchiCAD 柱默認設置

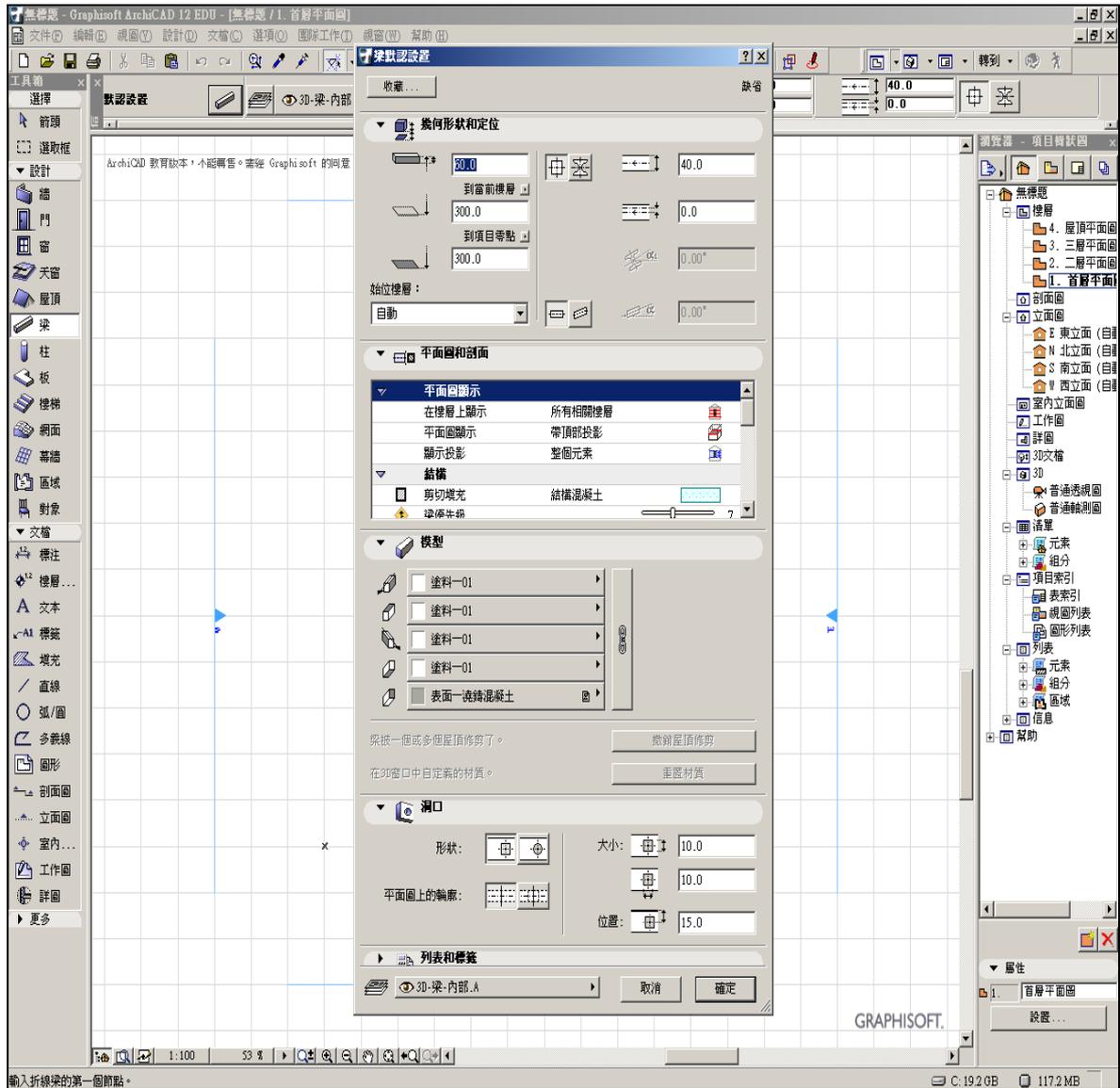


圖 4-3-5 ArchiCAD 梁設定



圖 4-3-6 ArchiCAD 梁默認設置

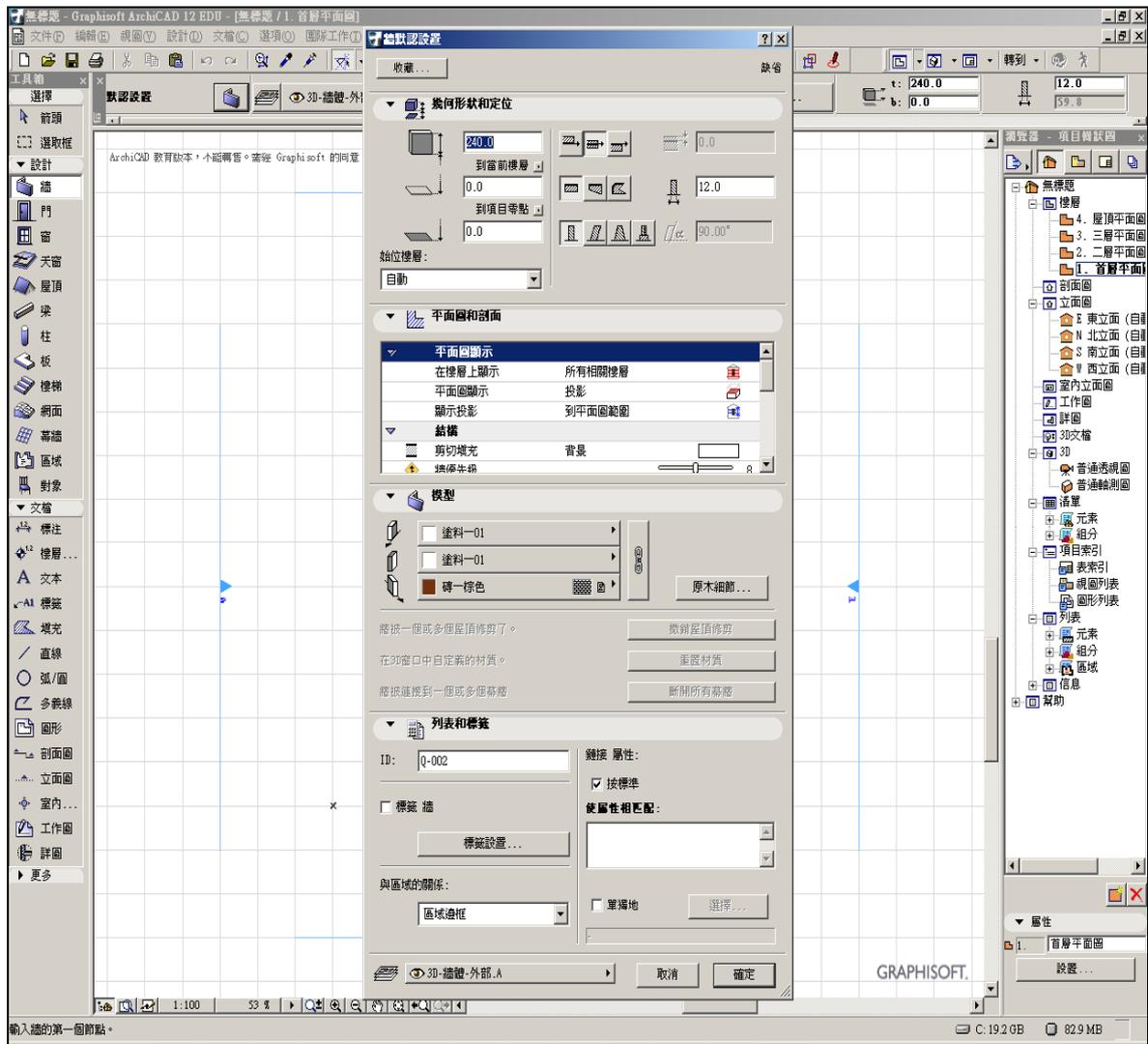


圖 4-3-7 ArchiCAD 牆設定

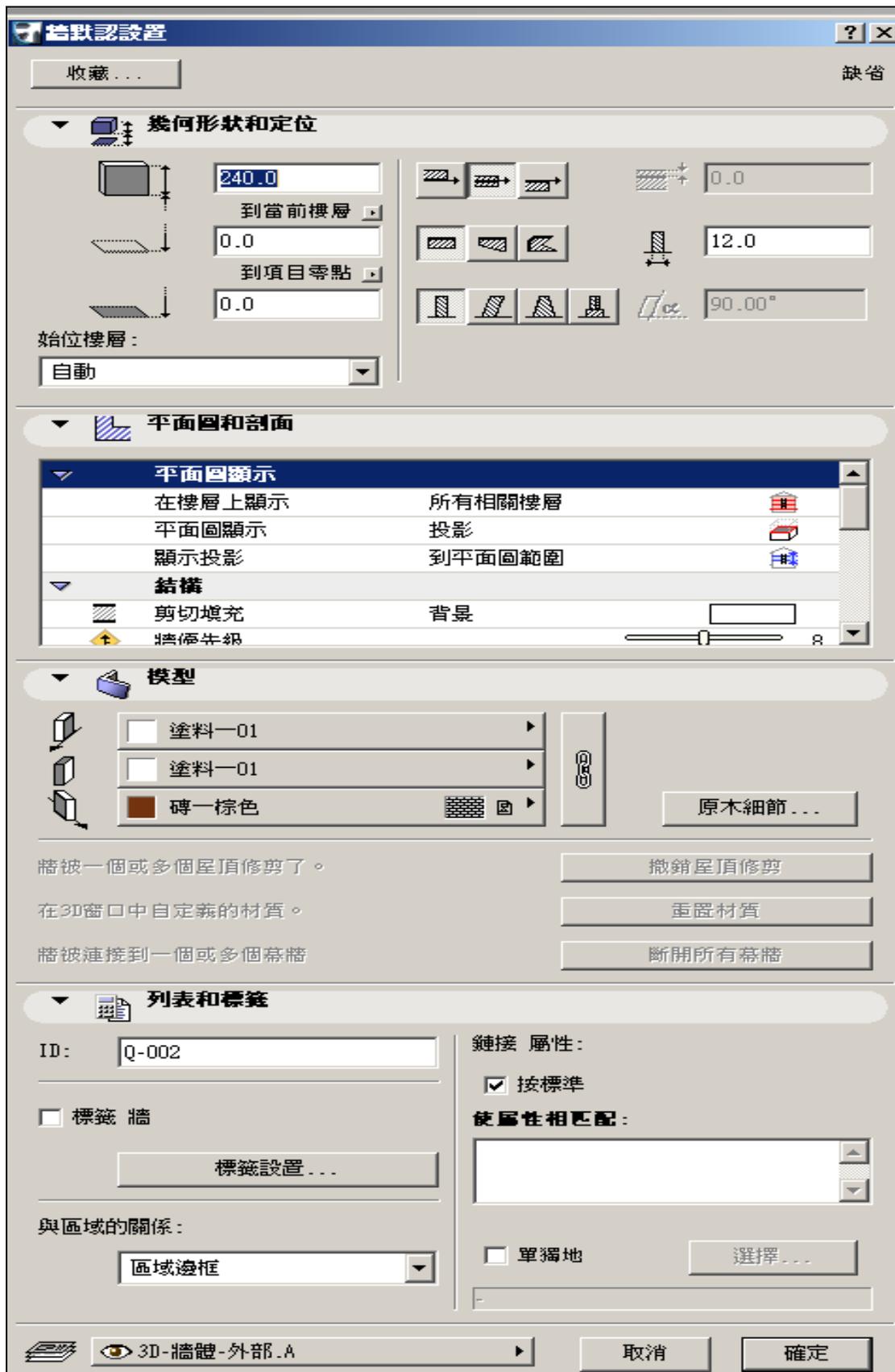


圖 4-3-8 ArchiCAD 牆默認設置

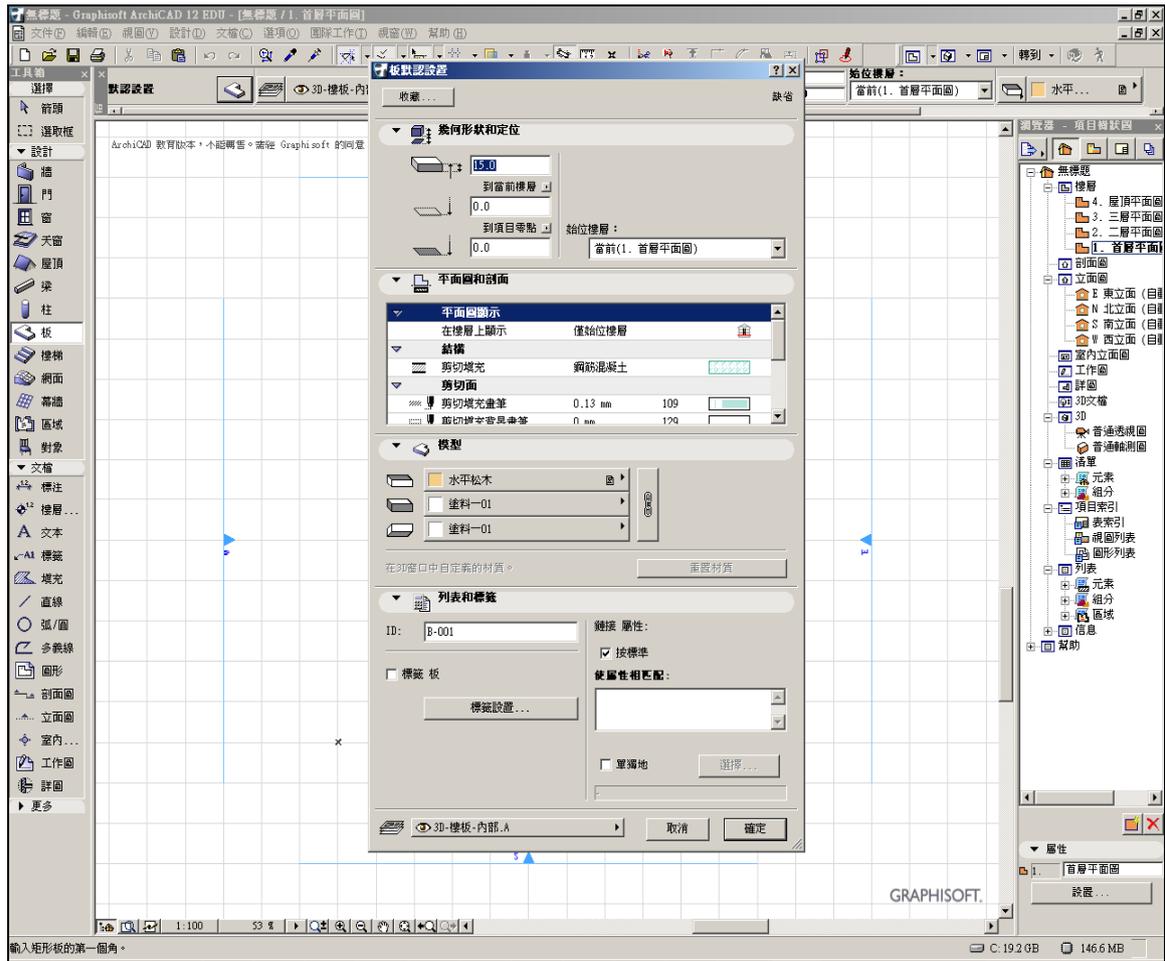


圖 4-3-9 ArchiCAD 版設定

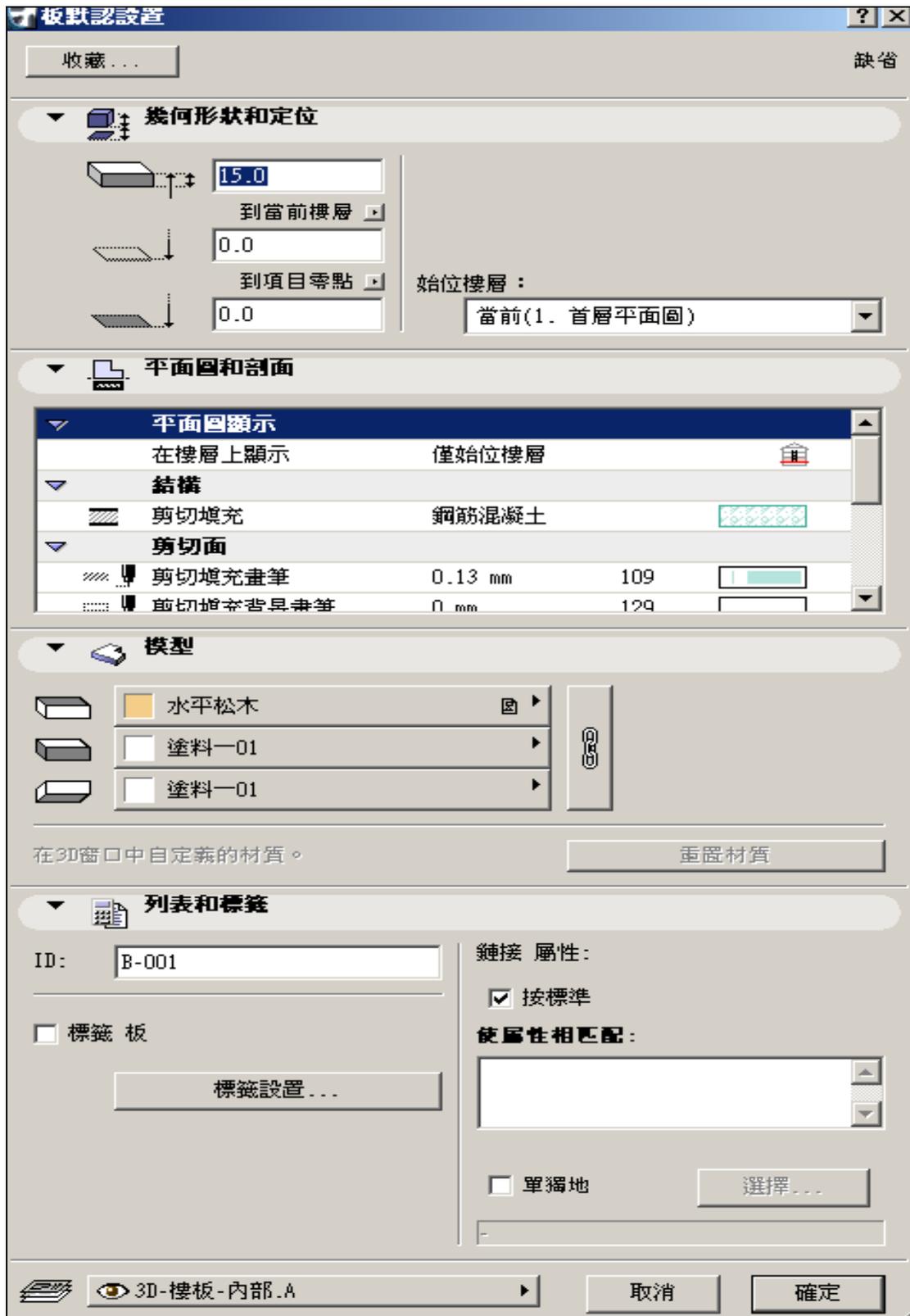


圖 4-3-10 ArchiCAD 版默認設置

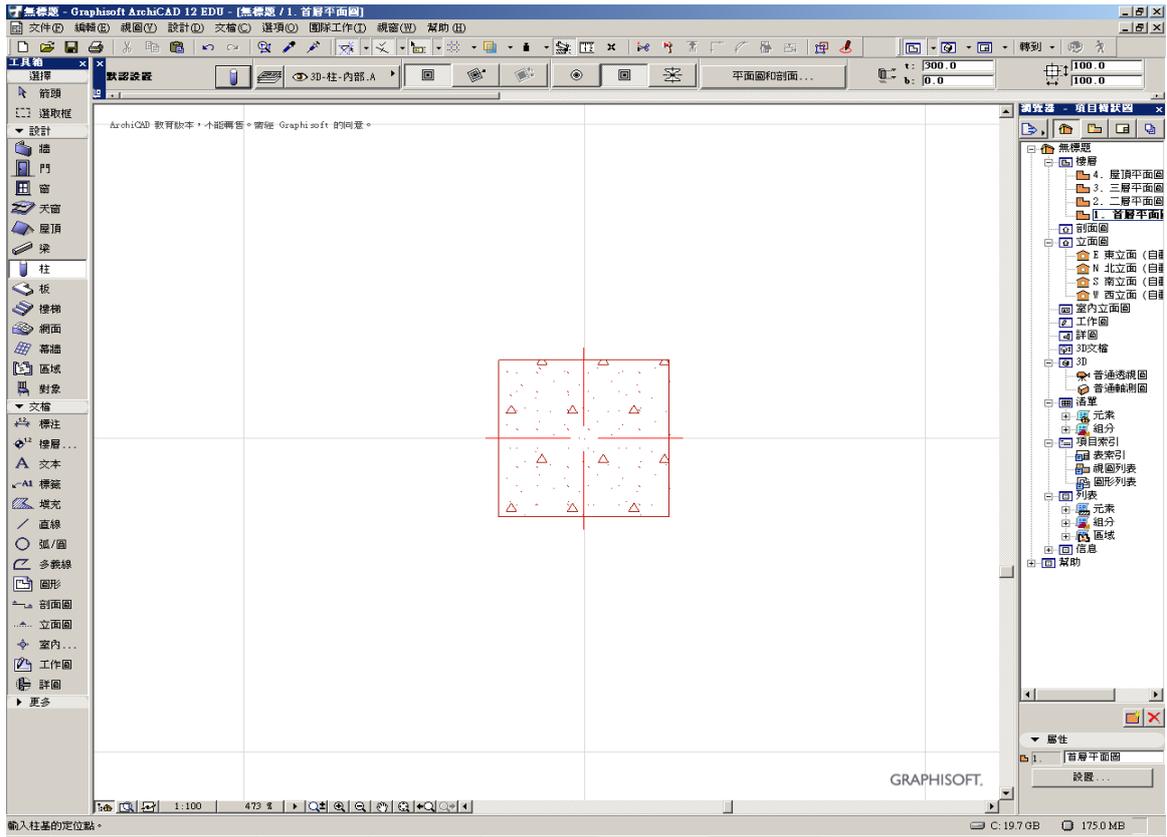


圖 4-3-11 ArchiCAD 單柱 2D 平面圖

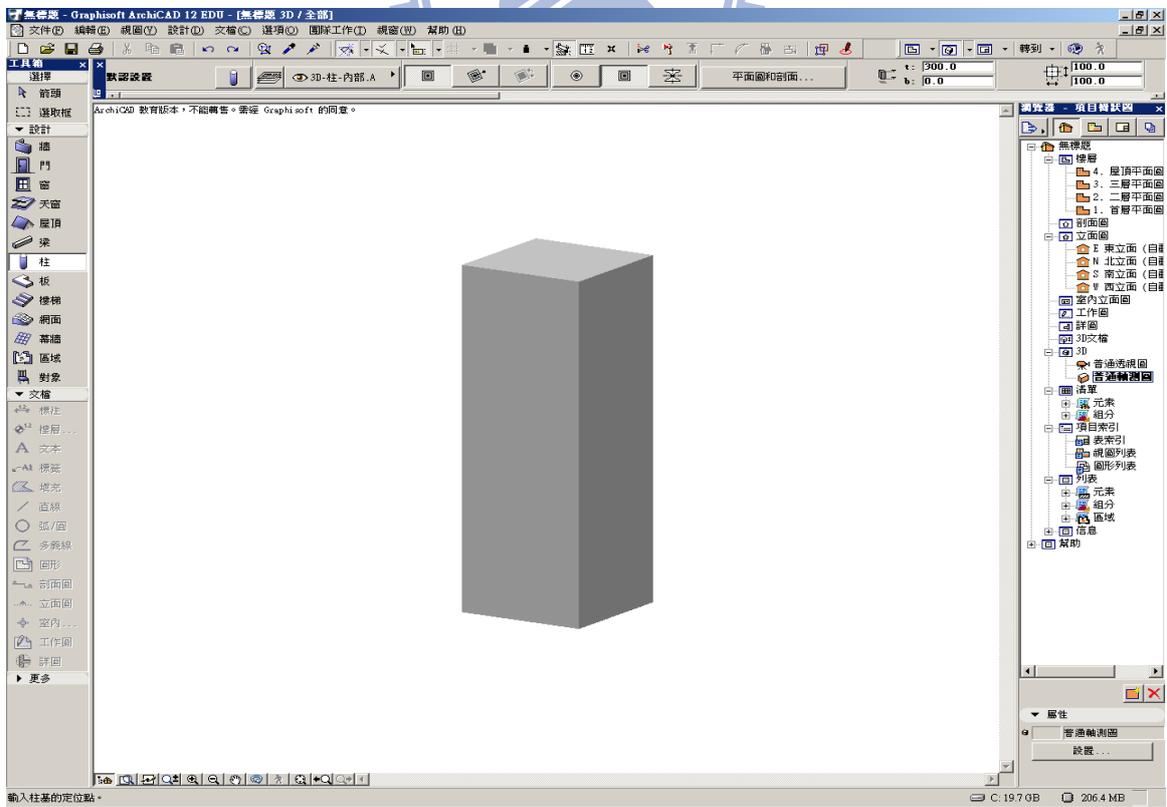


圖 4-3-12 ArchiCAD 單柱 3D 立面圖

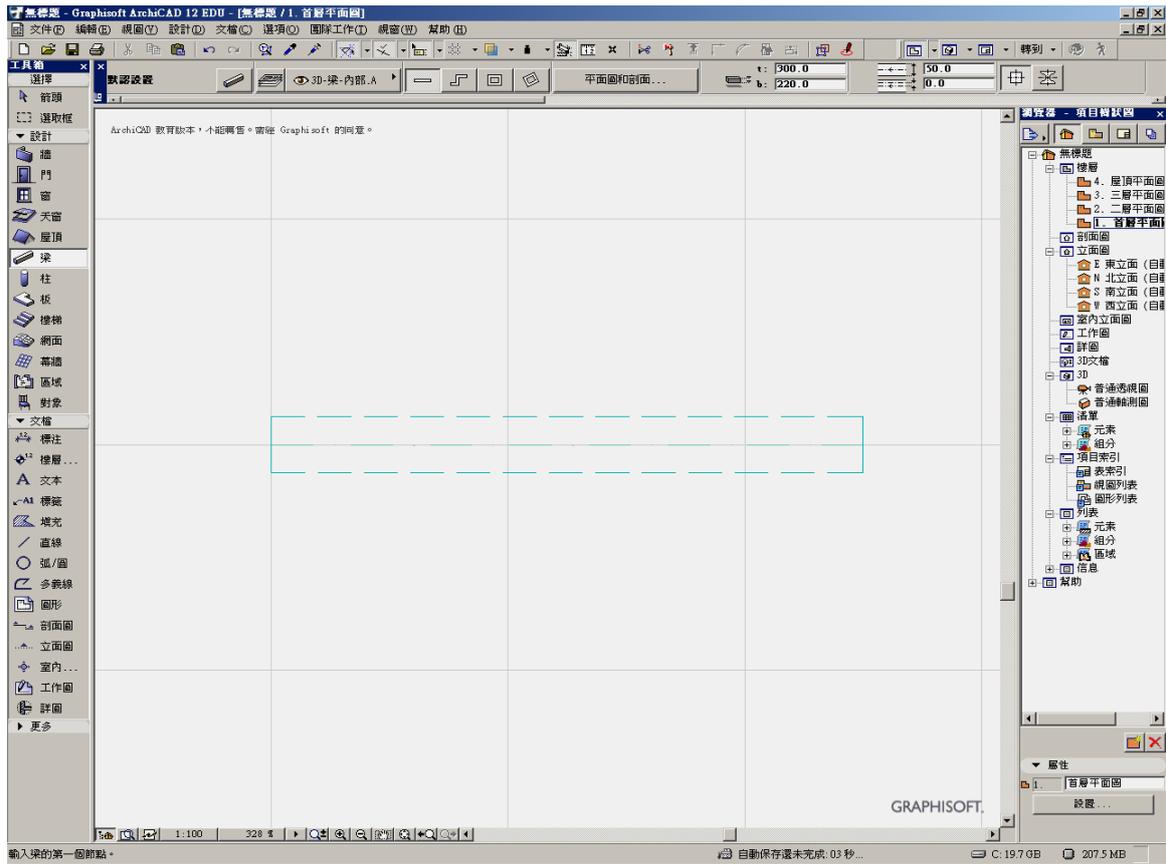


圖 4-3-13 ArchiCAD 單梁 2D 平面圖

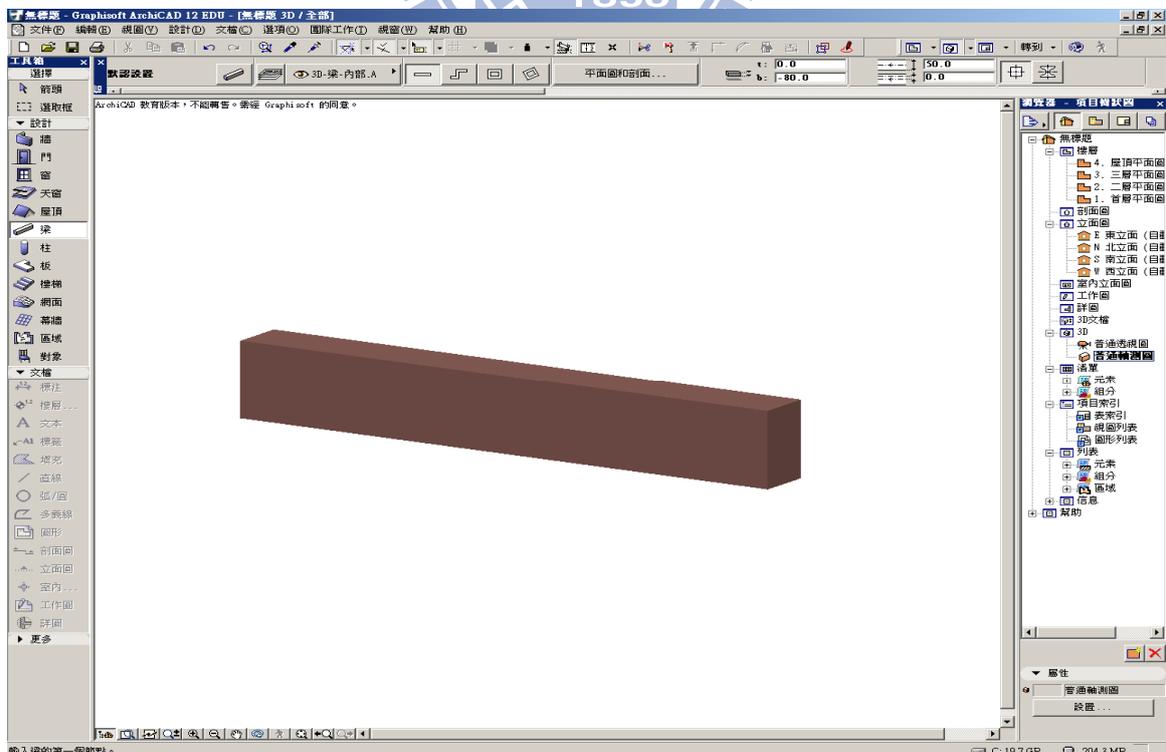


圖 4-3-14 ArchiCAD 單梁 3D 立面圖

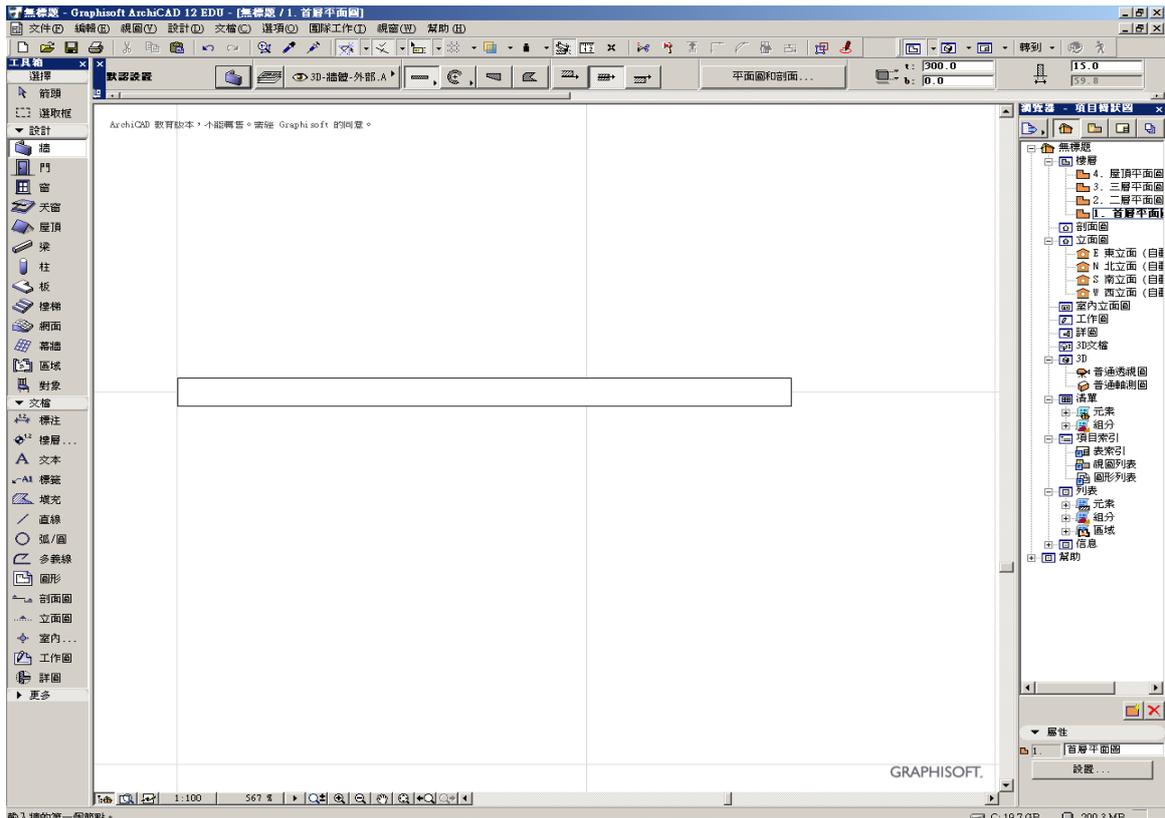


圖 4-3-15 ArchiCAD 單牆 2D 平面圖

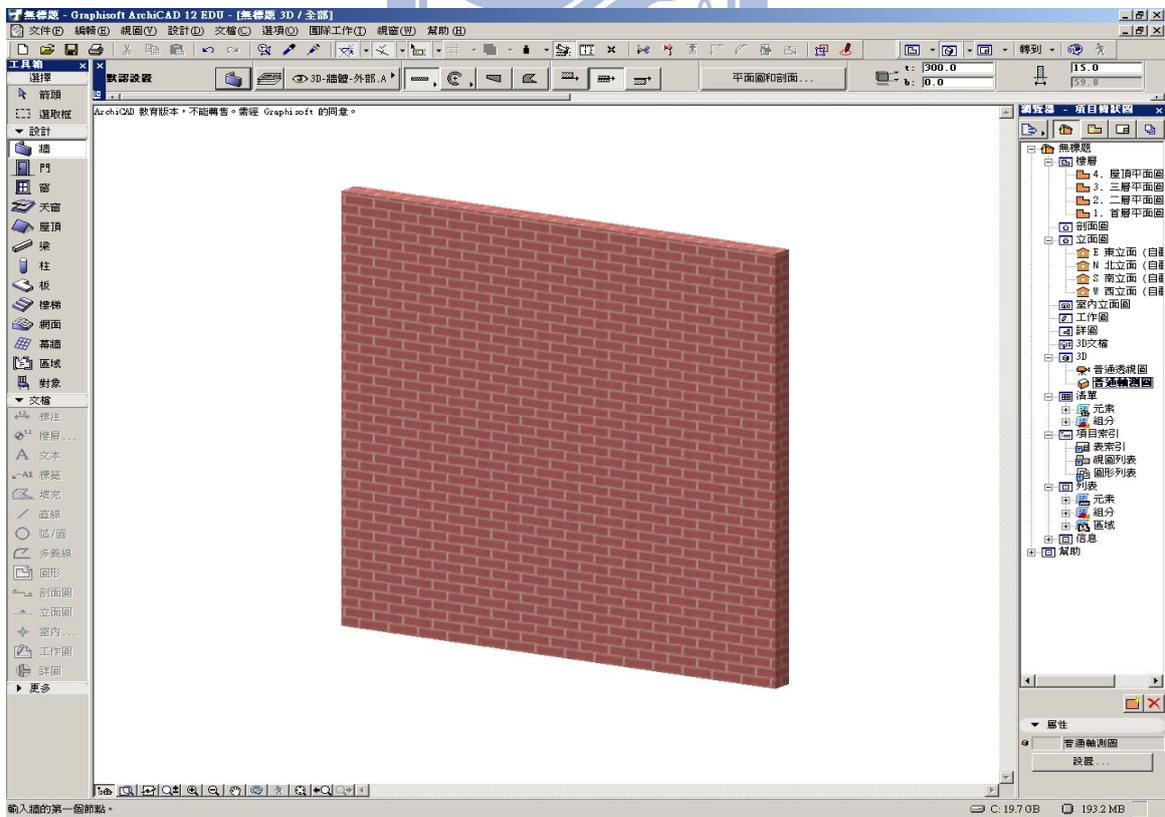


圖 4-3-16 ArchiCAD 單牆 3D 立面圖

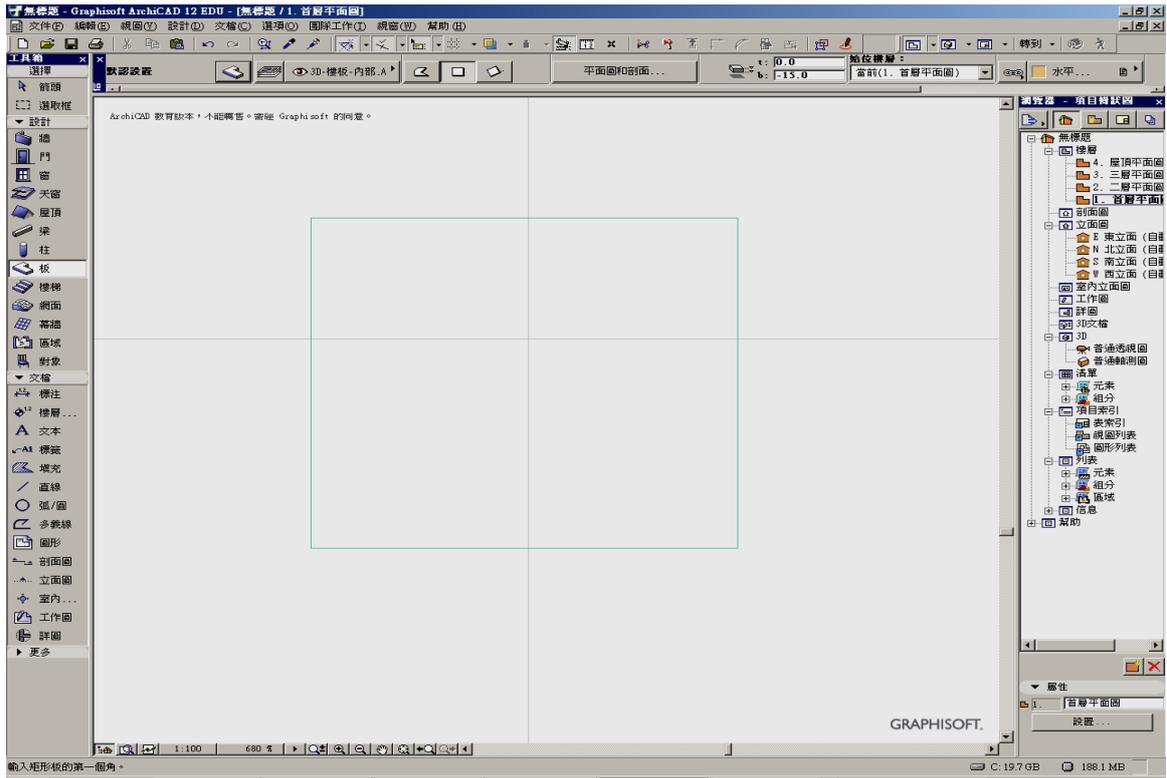


圖 4-3-17 ArchiCAD 單版 2D 平面圖

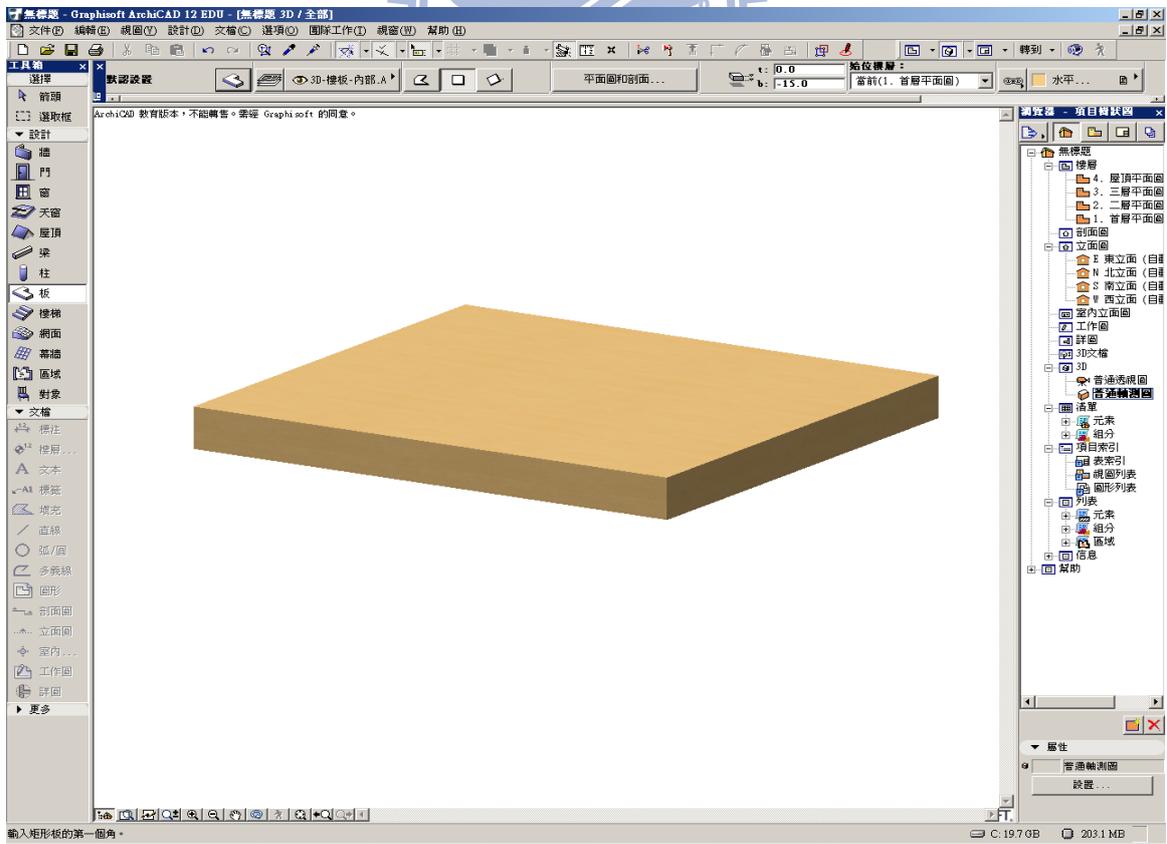


圖 4-3-18 ArchiCAD 單版 3D 立面圖

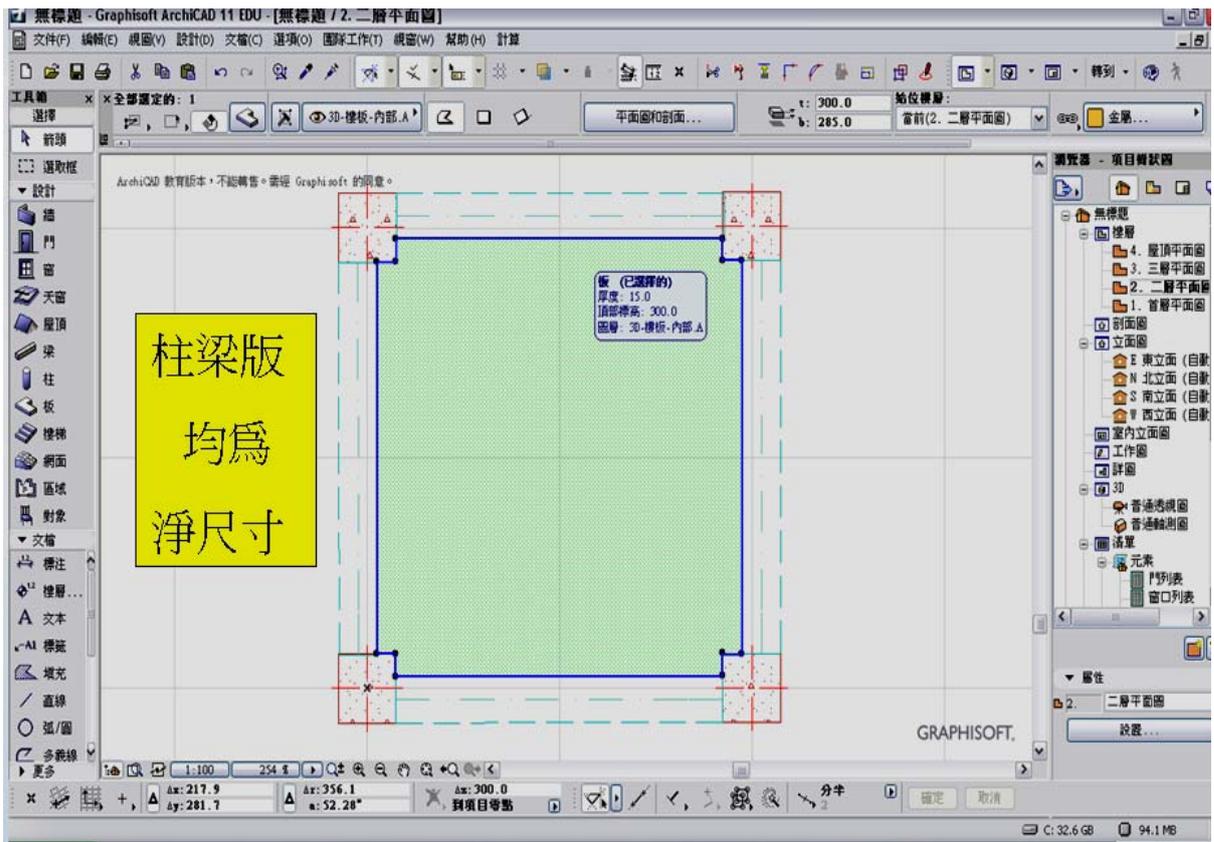


圖 4-4-1 ArchiCAD 柱梁優先模式 2D 平面圖

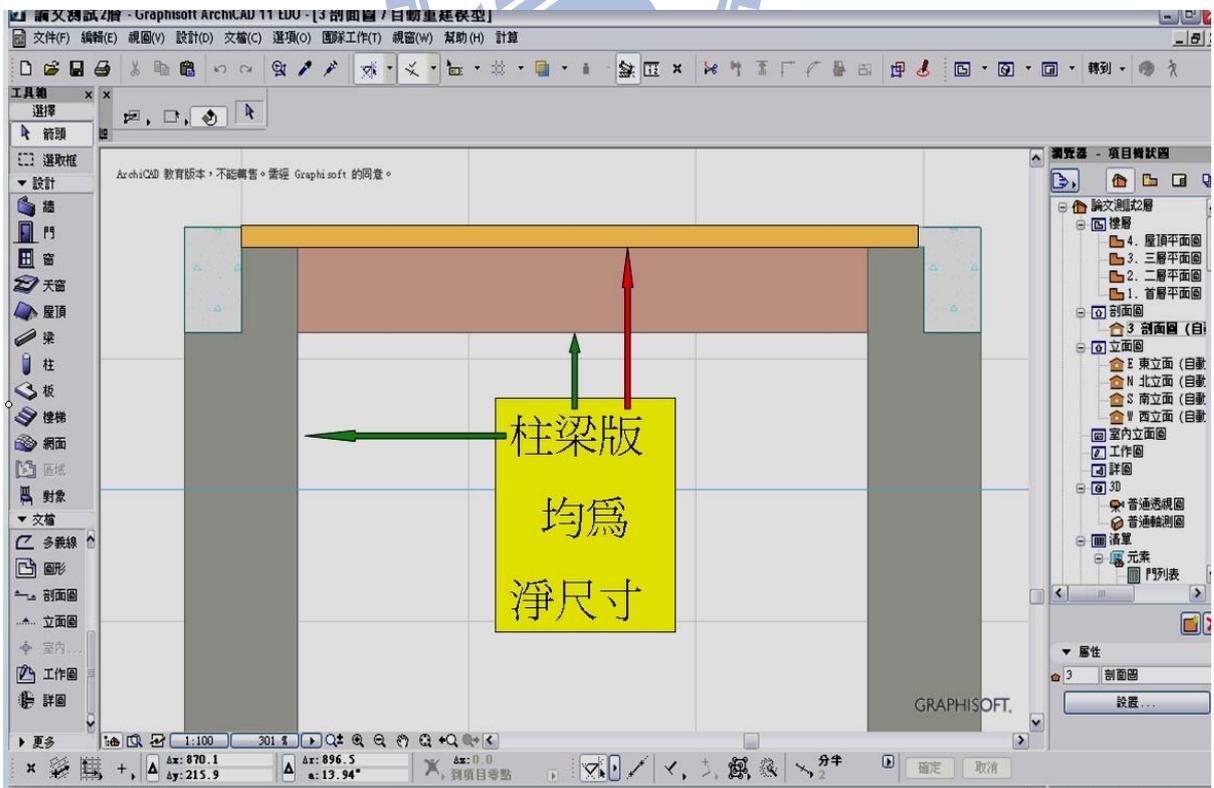


圖 4-4-2 ArchiCAD 柱梁優先模式 2D 剖面圖

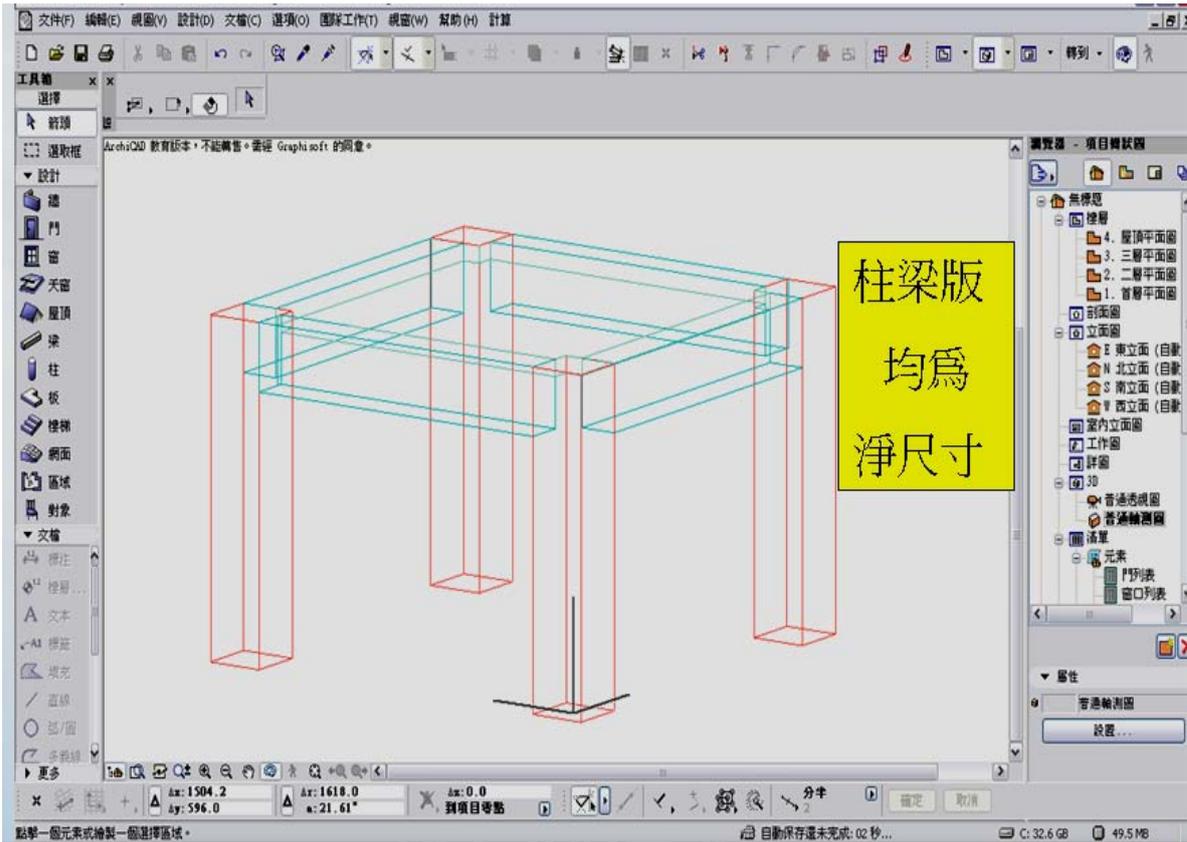


圖 4-4-3 ArchiCAD 柱梁優先模式 3D 線框圖

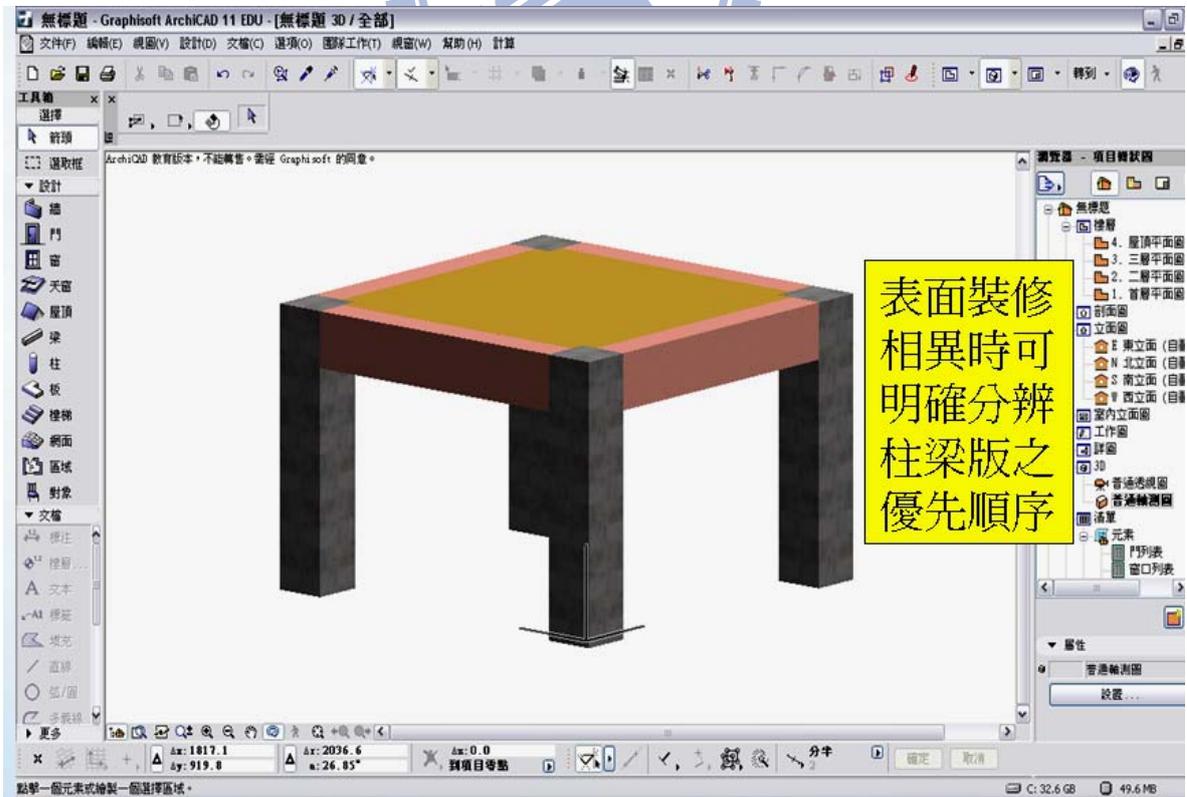


圖 4-4-4 ArchiCAD 柱梁優先模式 3D 立面圖

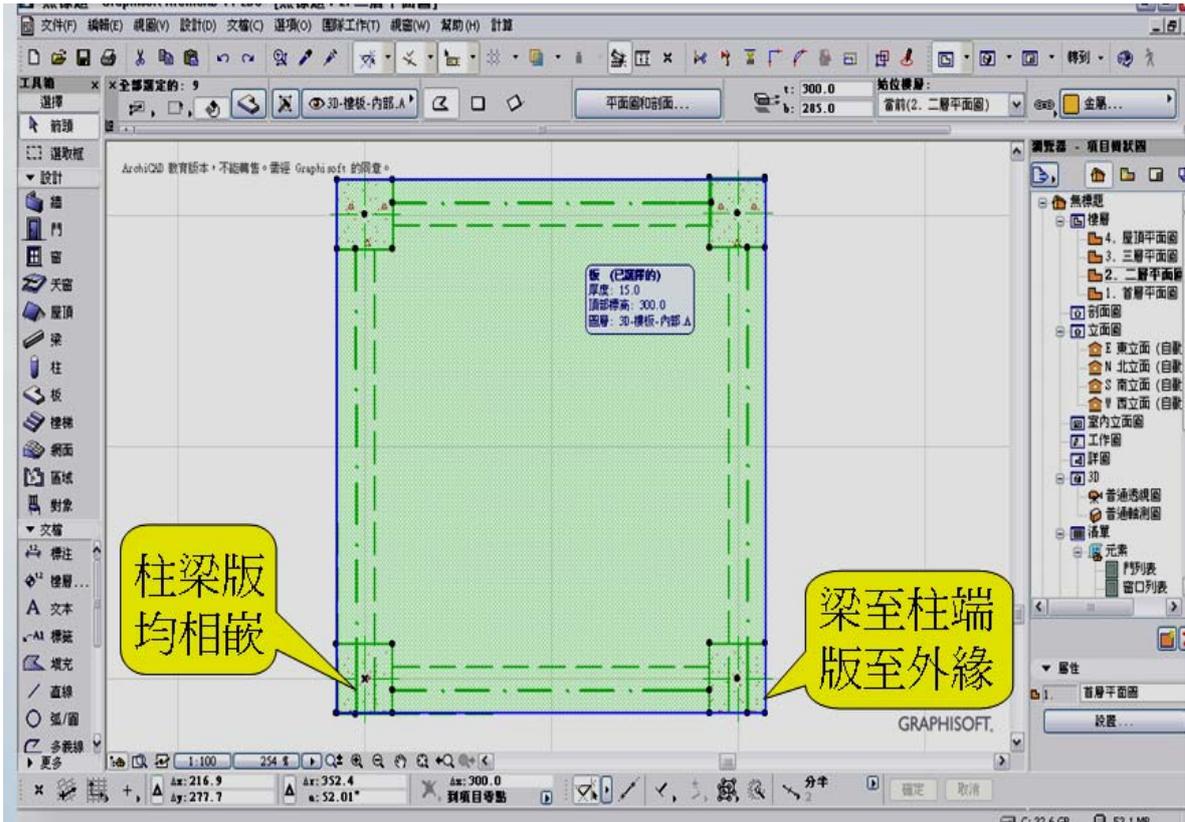


圖 4-4-5 ArchiCAD 柱梁版嵌入模式 2D 平面圖

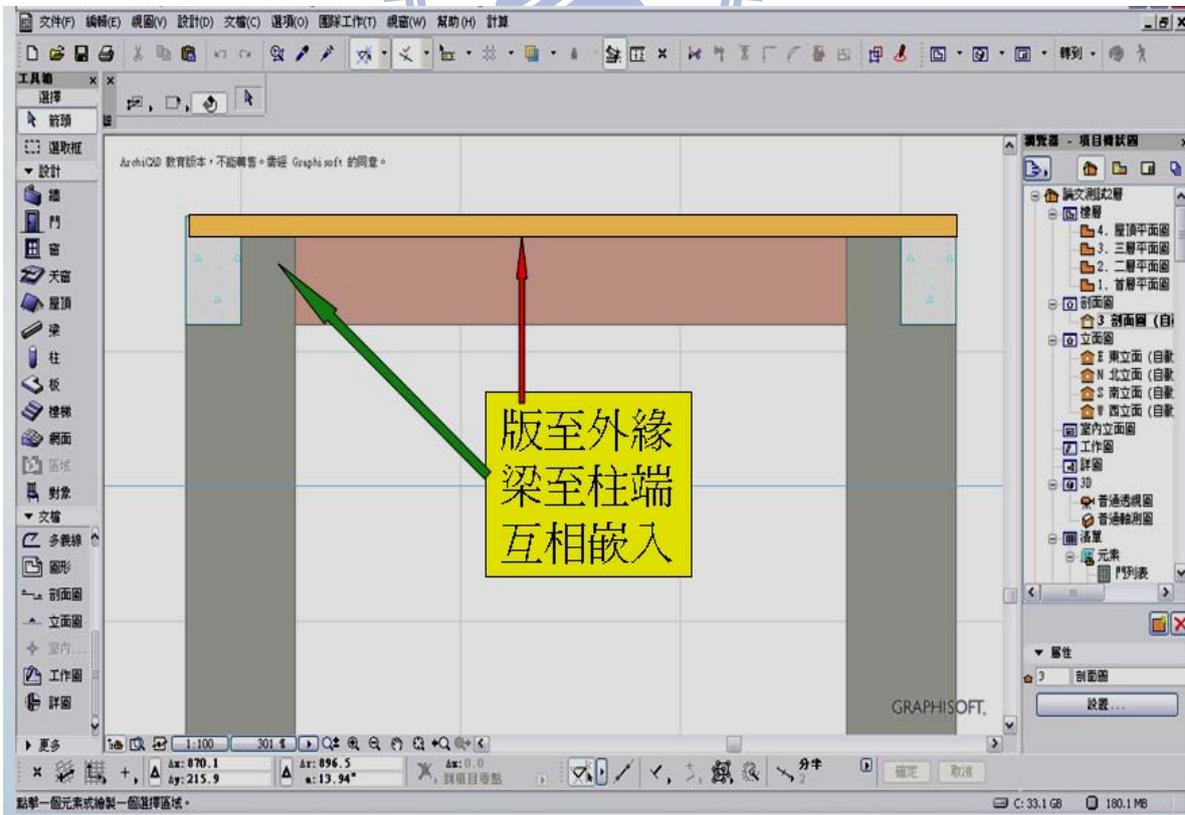


圖 4-4-6 ArchiCAD 柱梁版嵌入模式 2D 剖面圖

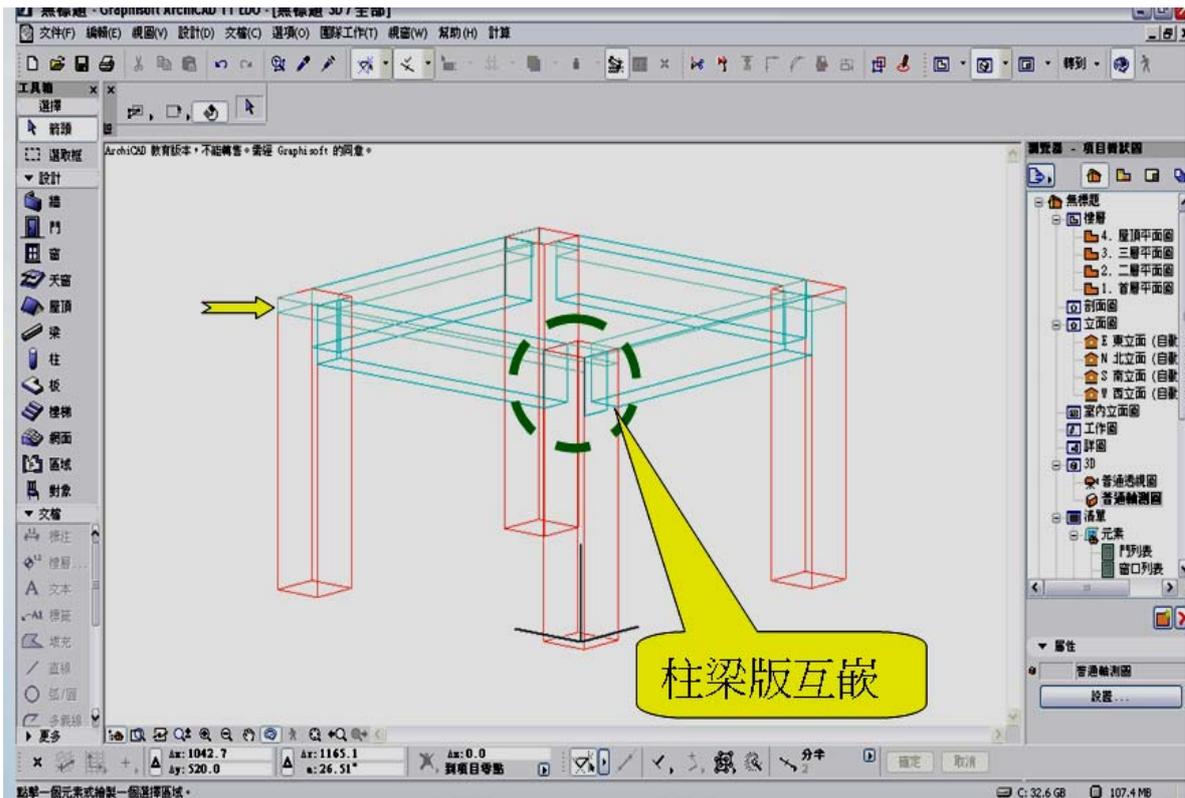


圖 4-4-7 ArchiCAD 柱梁版嵌入模式 3D 線框圖

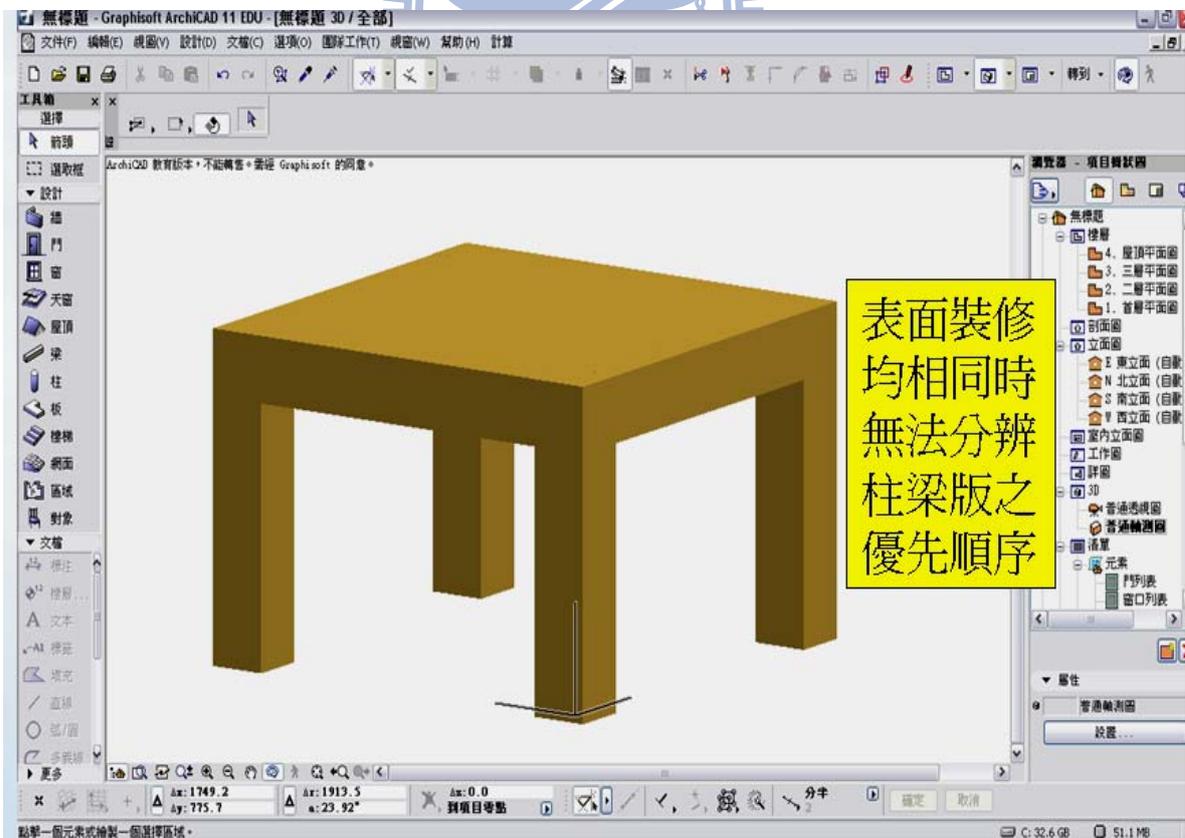


圖 4-4-8 ArchiCAD 立面相同裝修材 3D 外觀圖

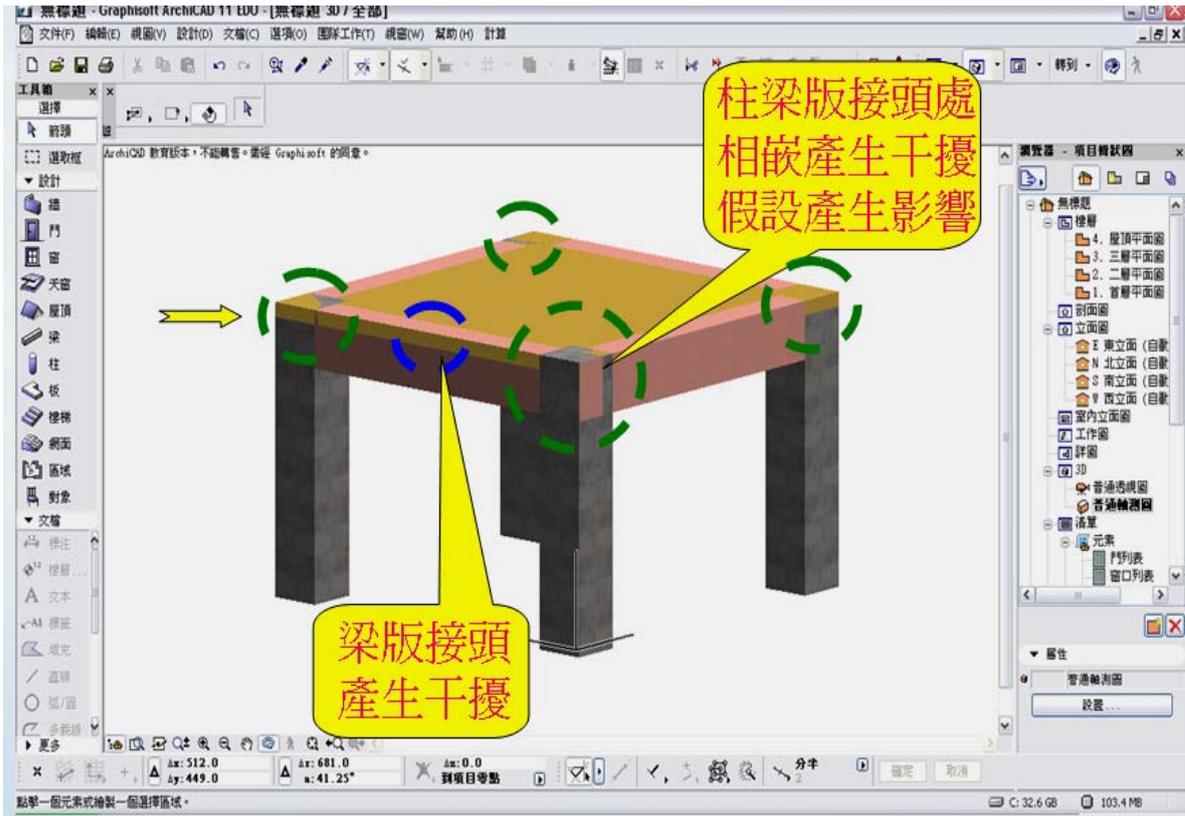


圖 4-4-9 柱梁版嵌入繪圖模式 立面不同裝修材 3D 外觀圖

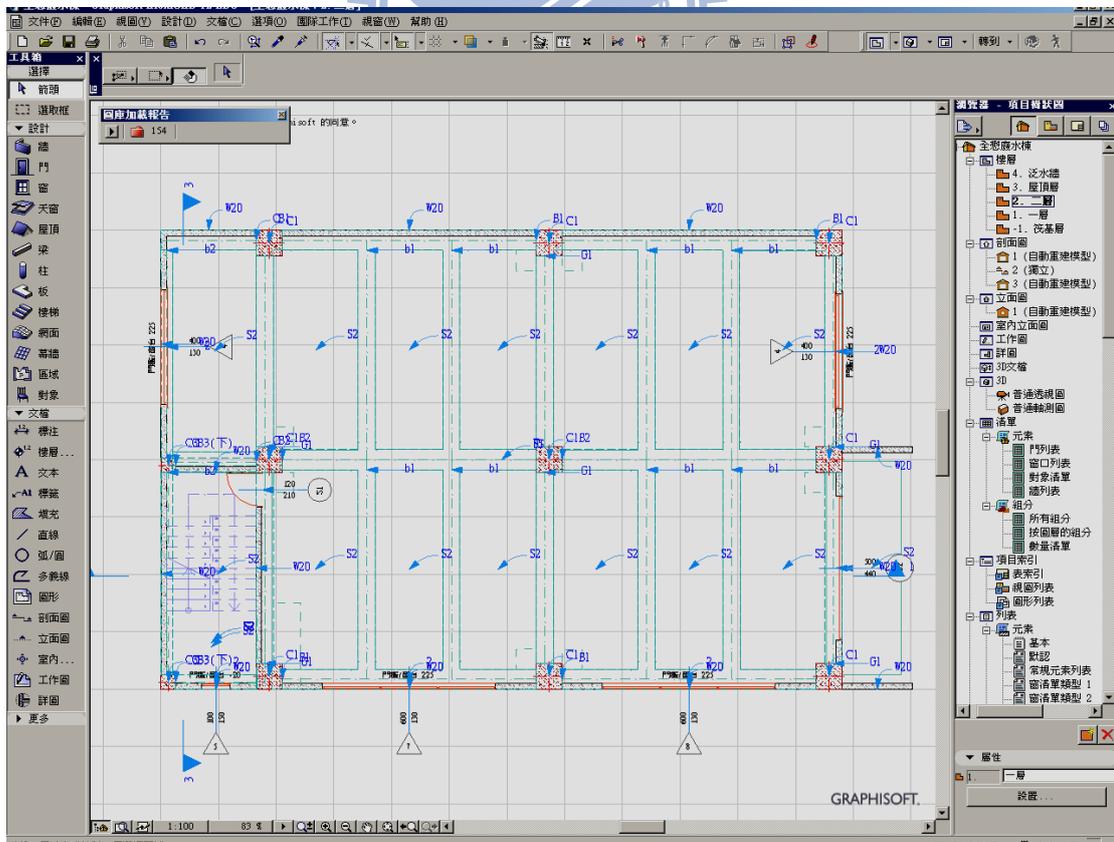


圖 4-4-10 ArchiCAD 實例 2D 平面圖

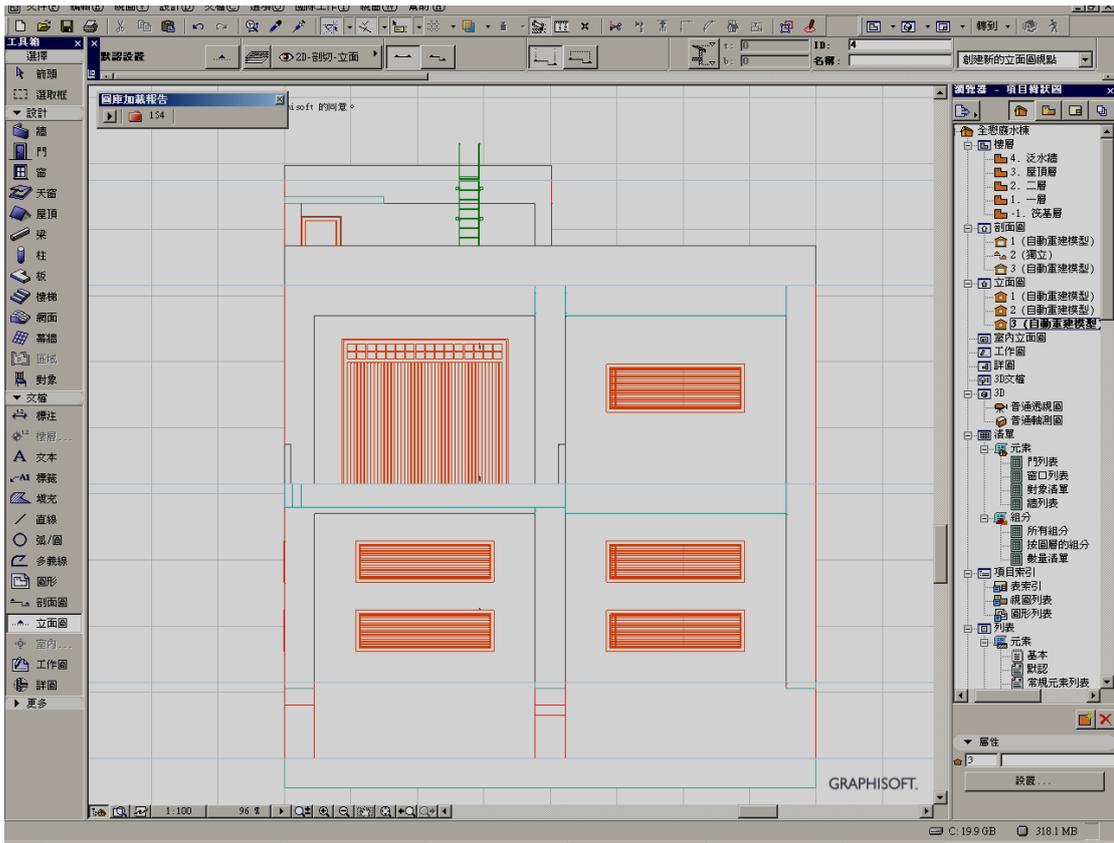


圖 4-4-11 ArchiCAD 實例 2D 立面圖

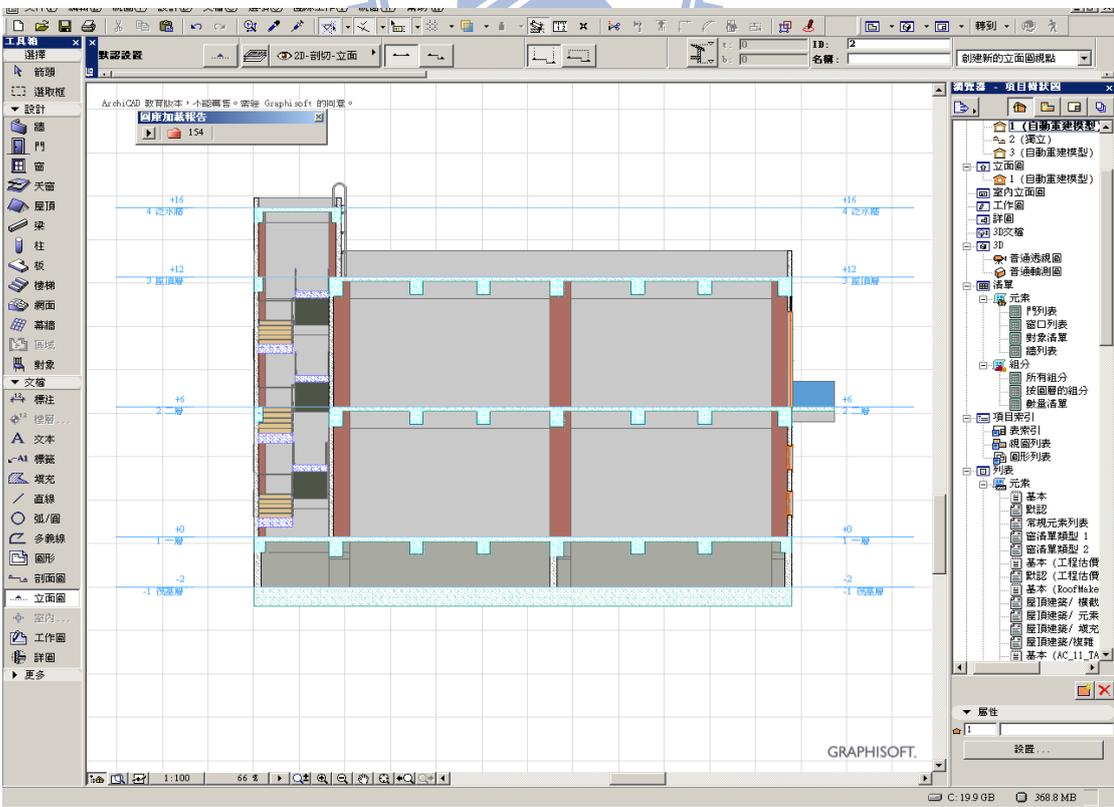


圖 4-4-12 ArchiCAD 實例 2D 剖面圖

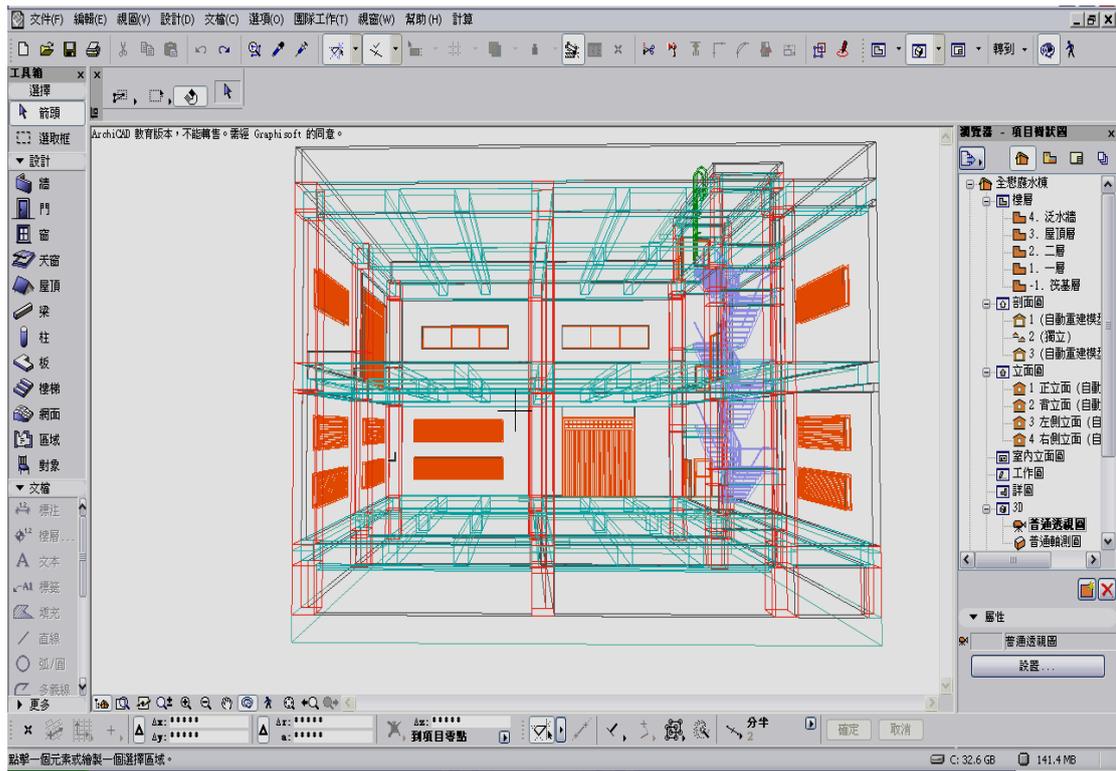


圖 4-4-13 ArchiCAD 實例 3D 線框實例圖

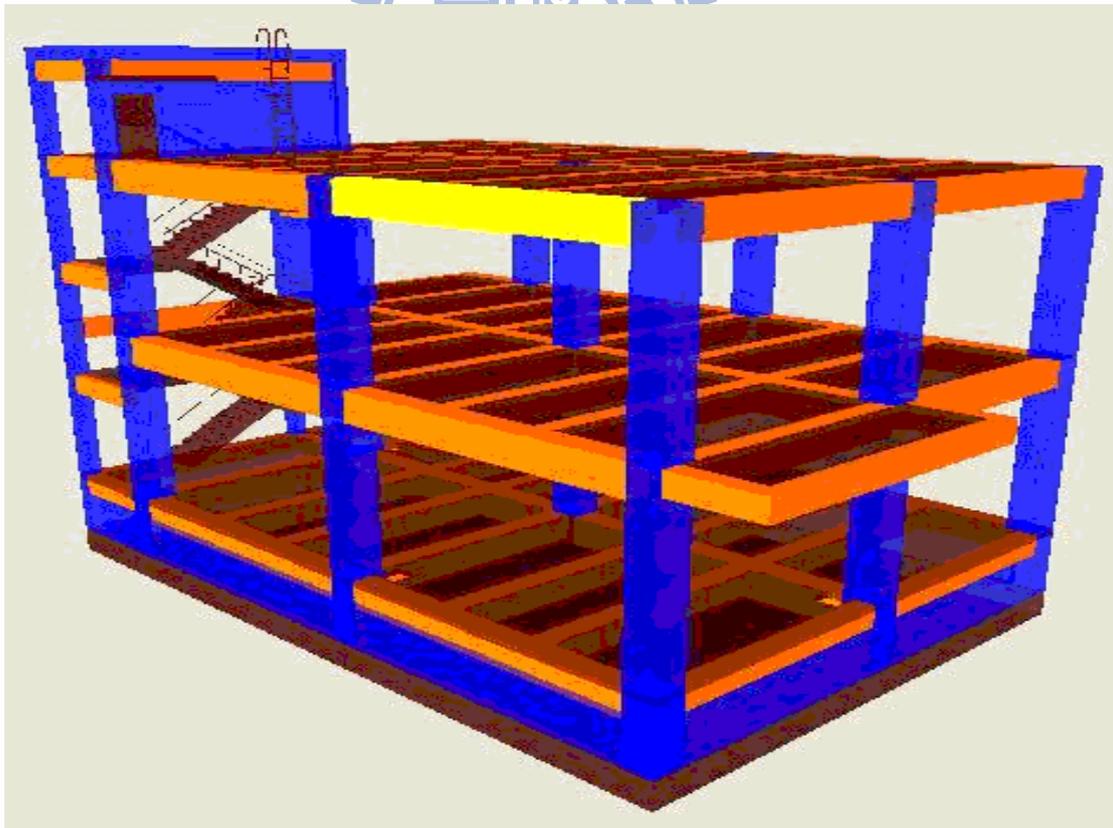


圖 4-4-14 柱梁優先模式 3D 結構圖

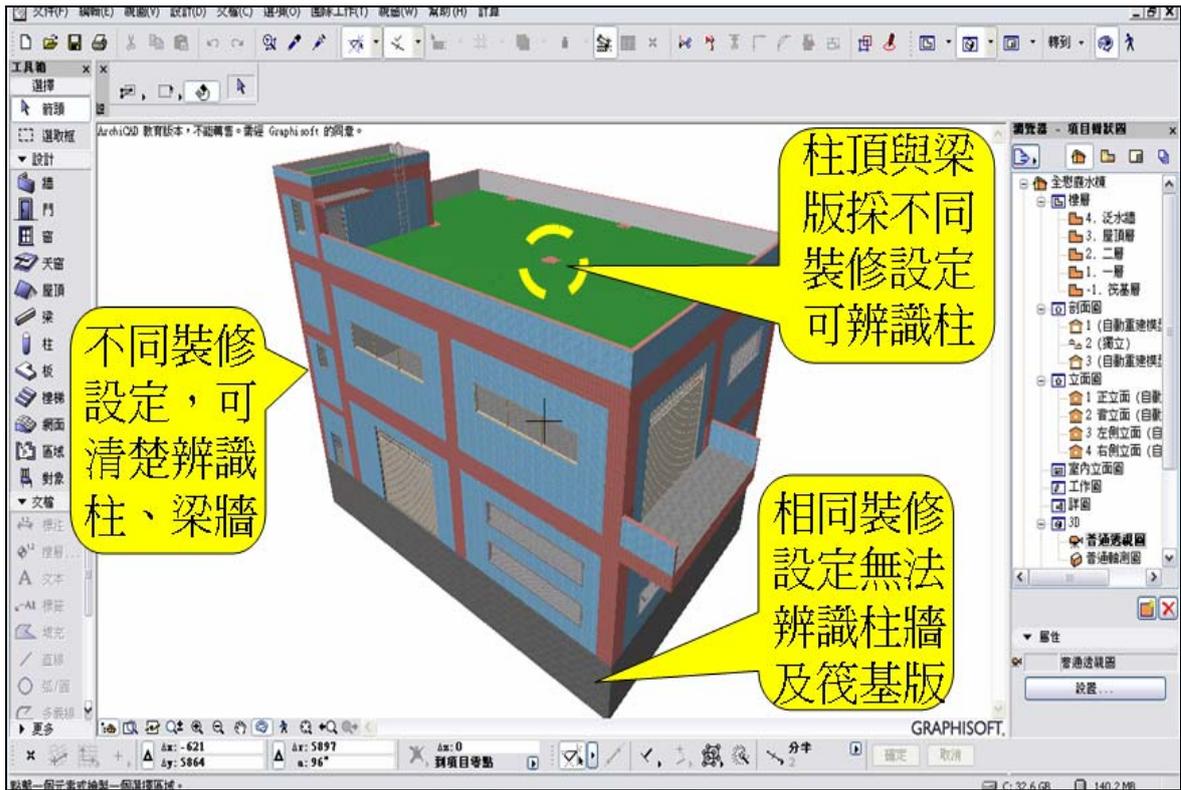


圖 4-4-15 ArchiCAD 實例 3D 外觀展示圖

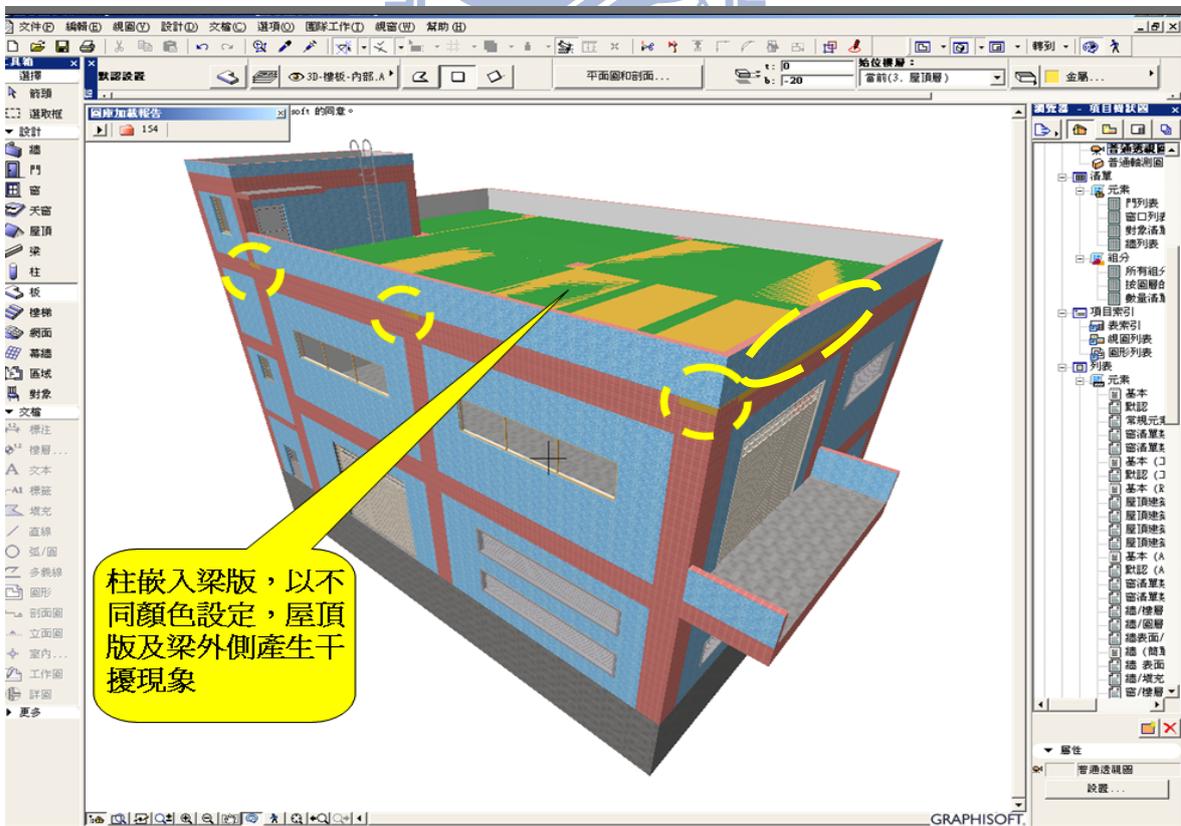


圖 4-4-16 ArchiCAD 實例 3D 外觀干擾圖

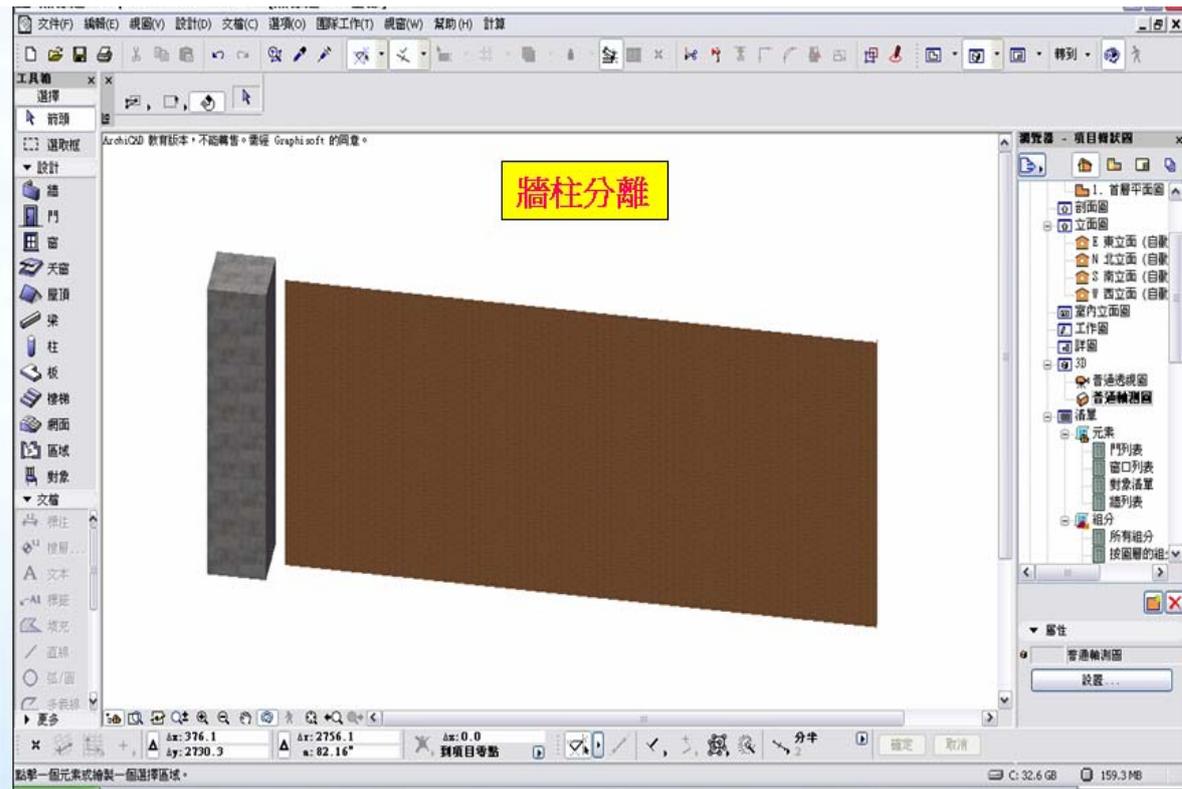


圖 5-2-1 牆柱分離 3D 示意圖

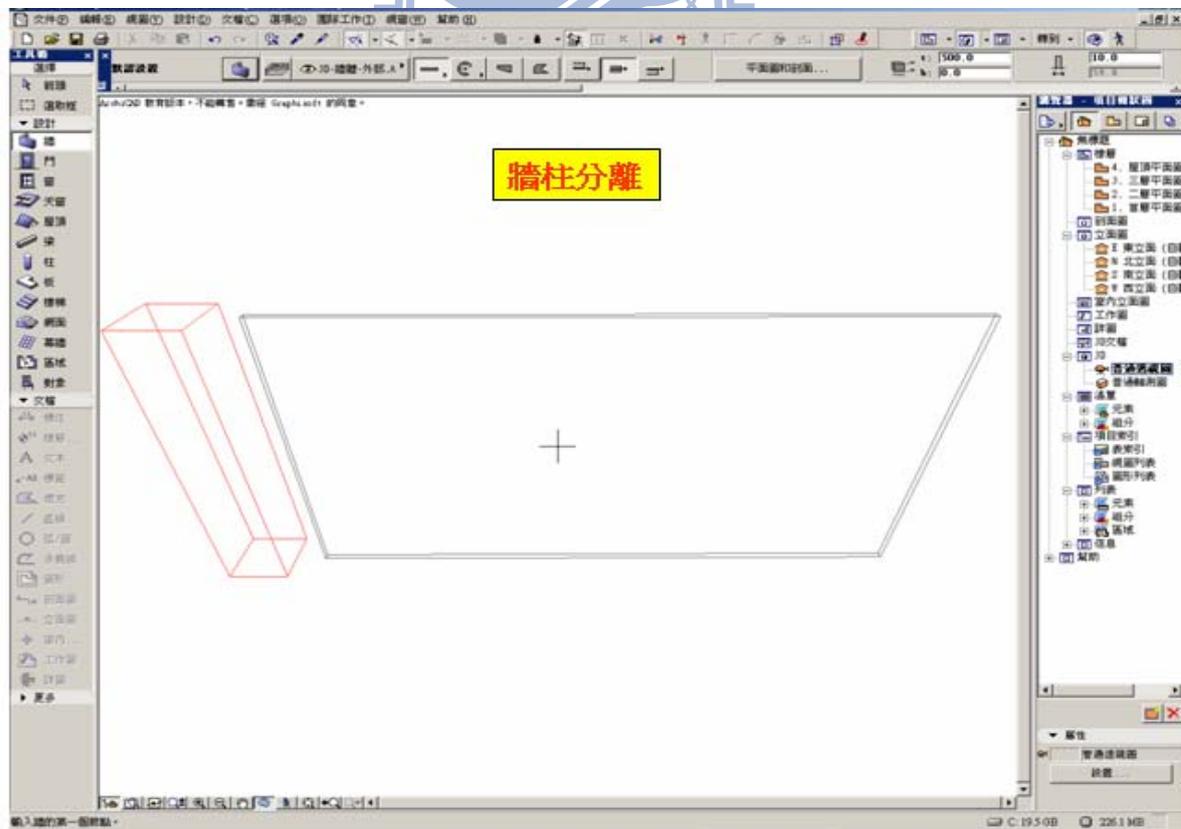


圖 5-2-2 牆柱分離 3D 線框圖

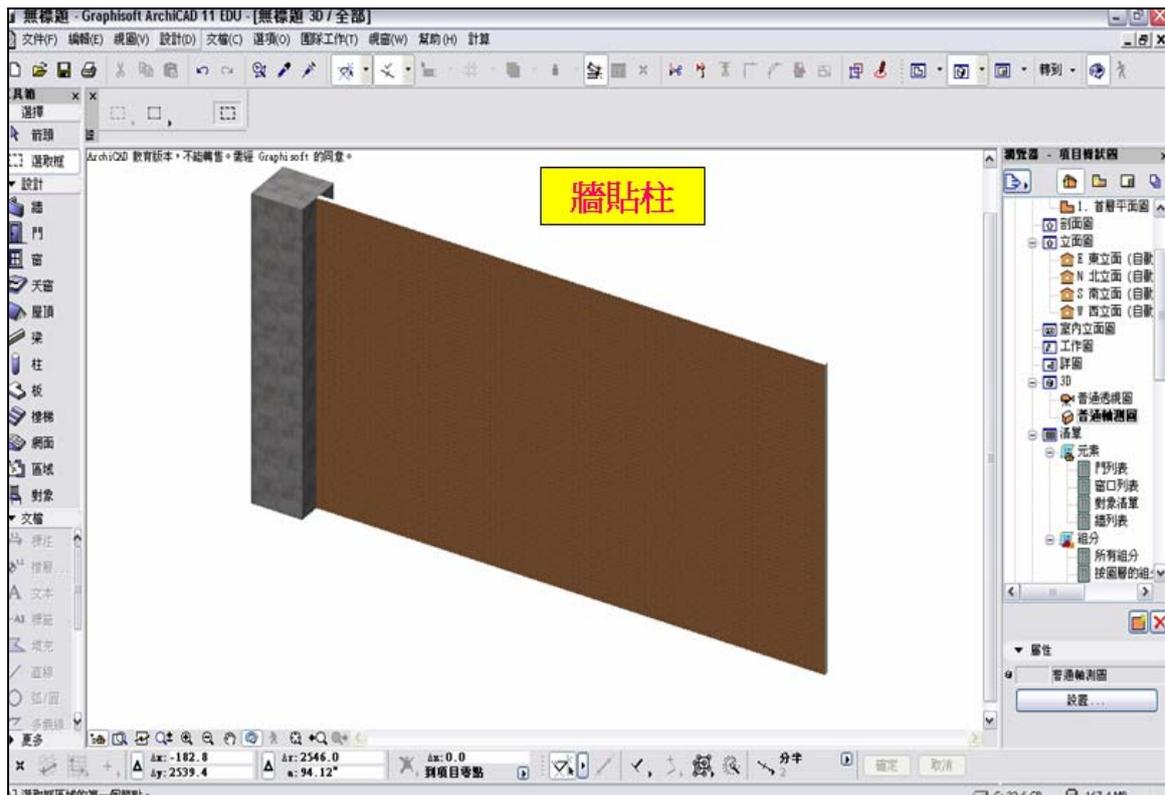


圖 5-2-3 牆貼柱 3D 示意圖

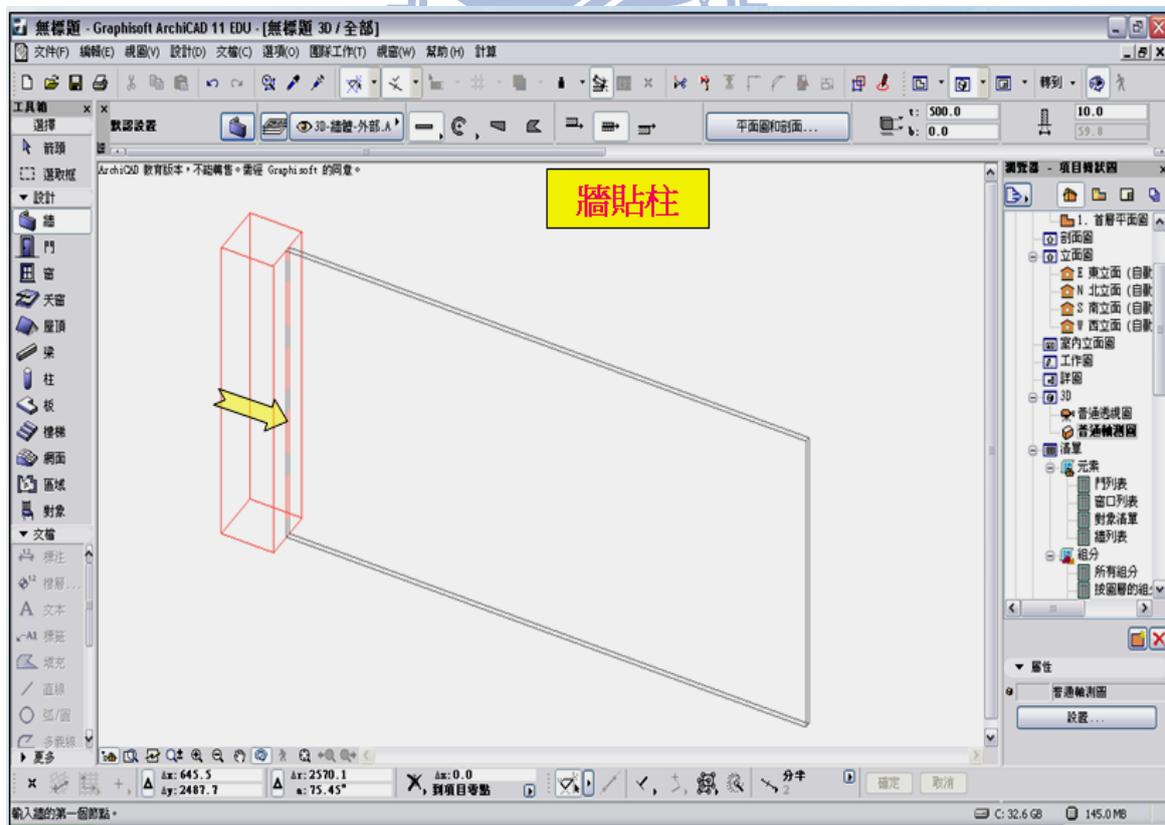


圖 5-2-4 牆貼柱 3D 線框圖

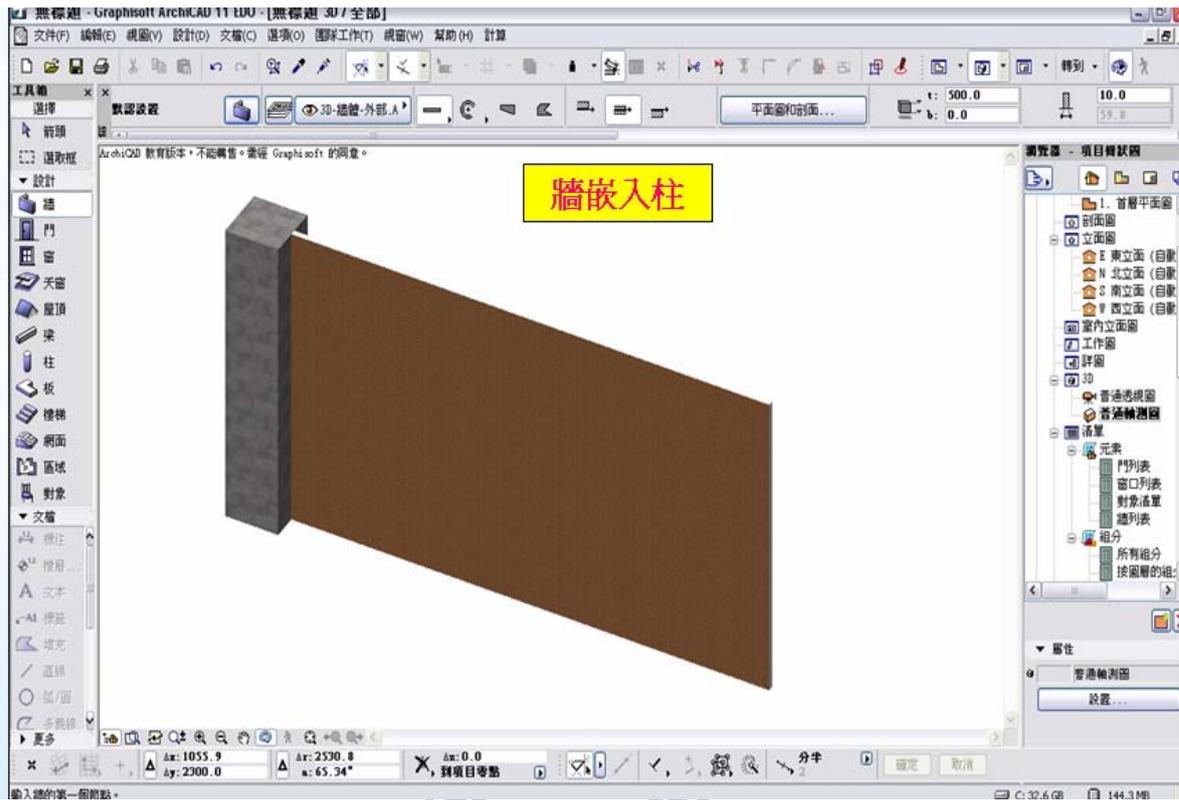


圖 5-2-5 牆嵌入柱 3D 示意圖

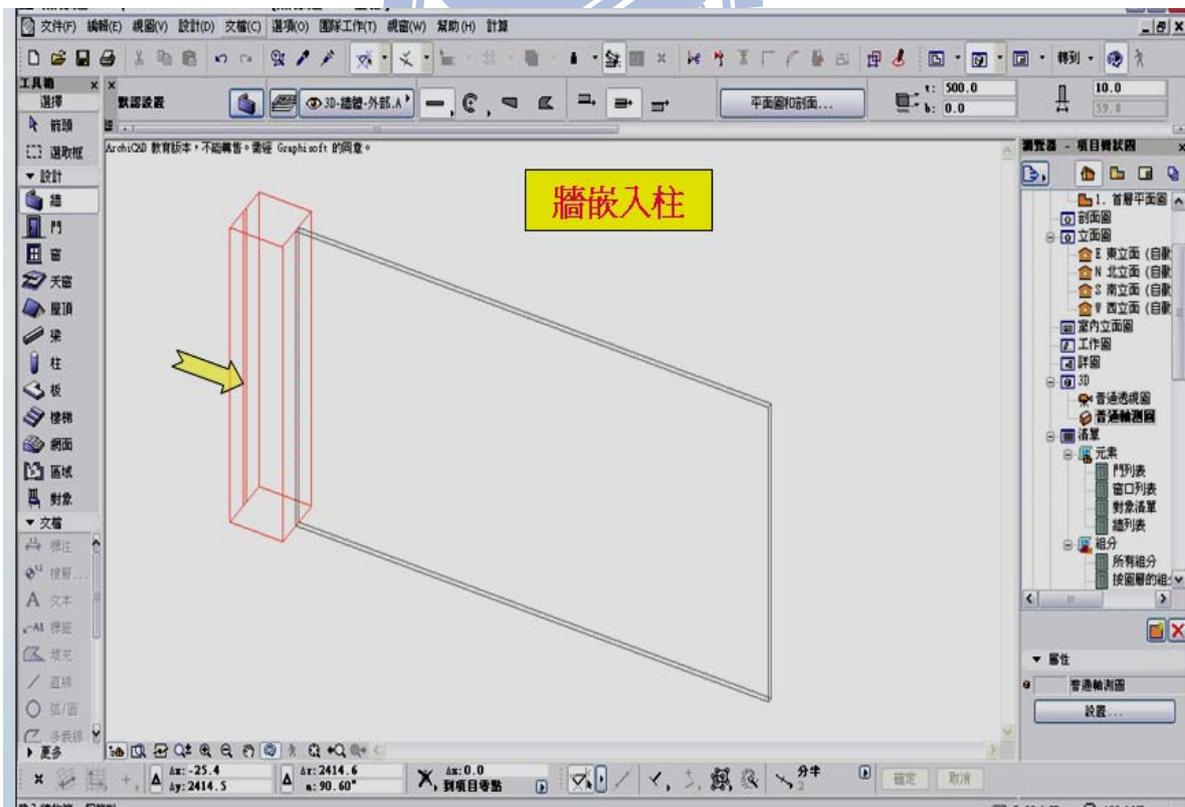


圖 5-2-6 牆嵌入柱 3D 線框圖

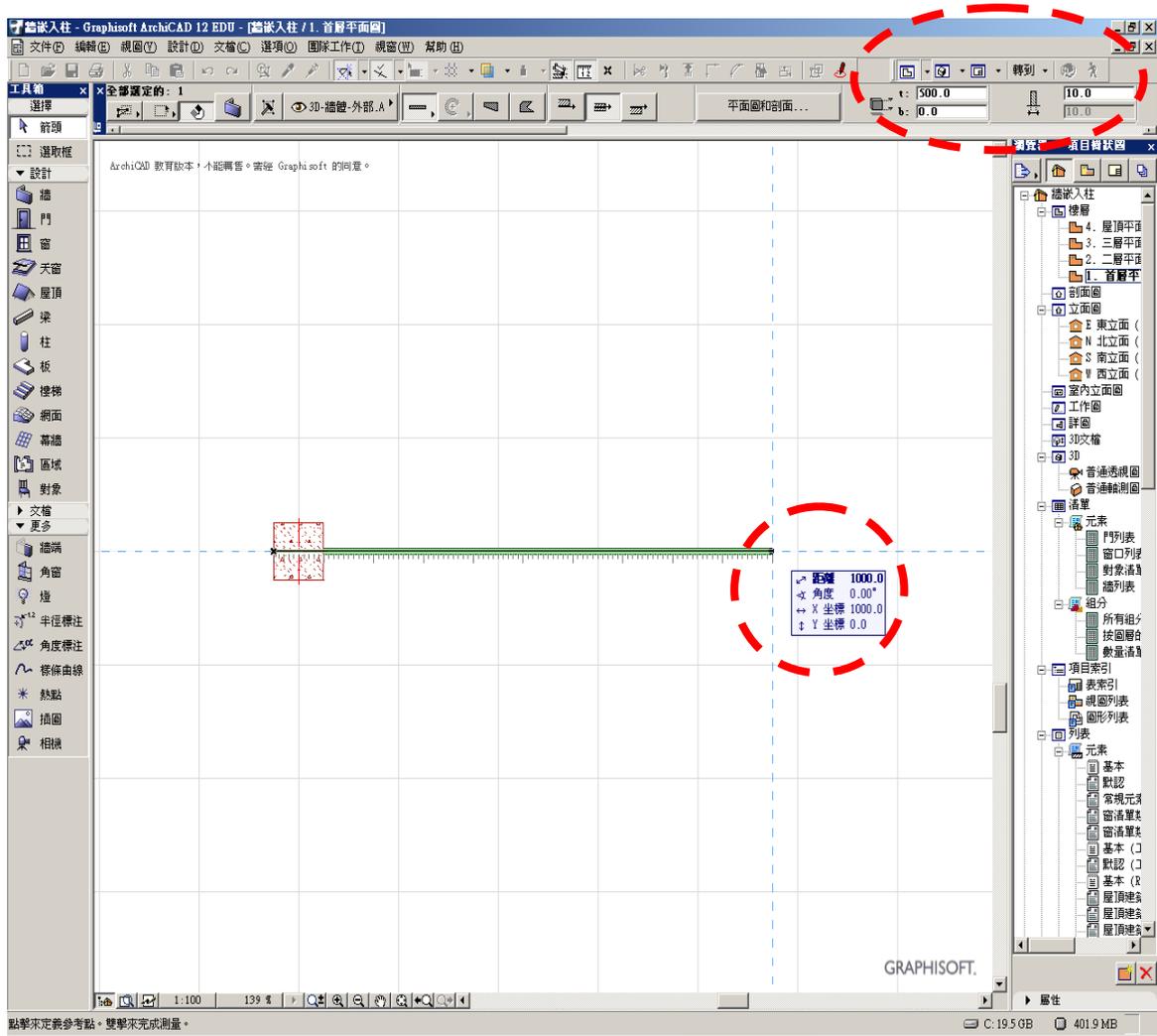


圖 5-3-1 牆資訊查詢



圖 5-3-2 牆寬度及高度顯示



圖 5-3-3 牆長度顯示

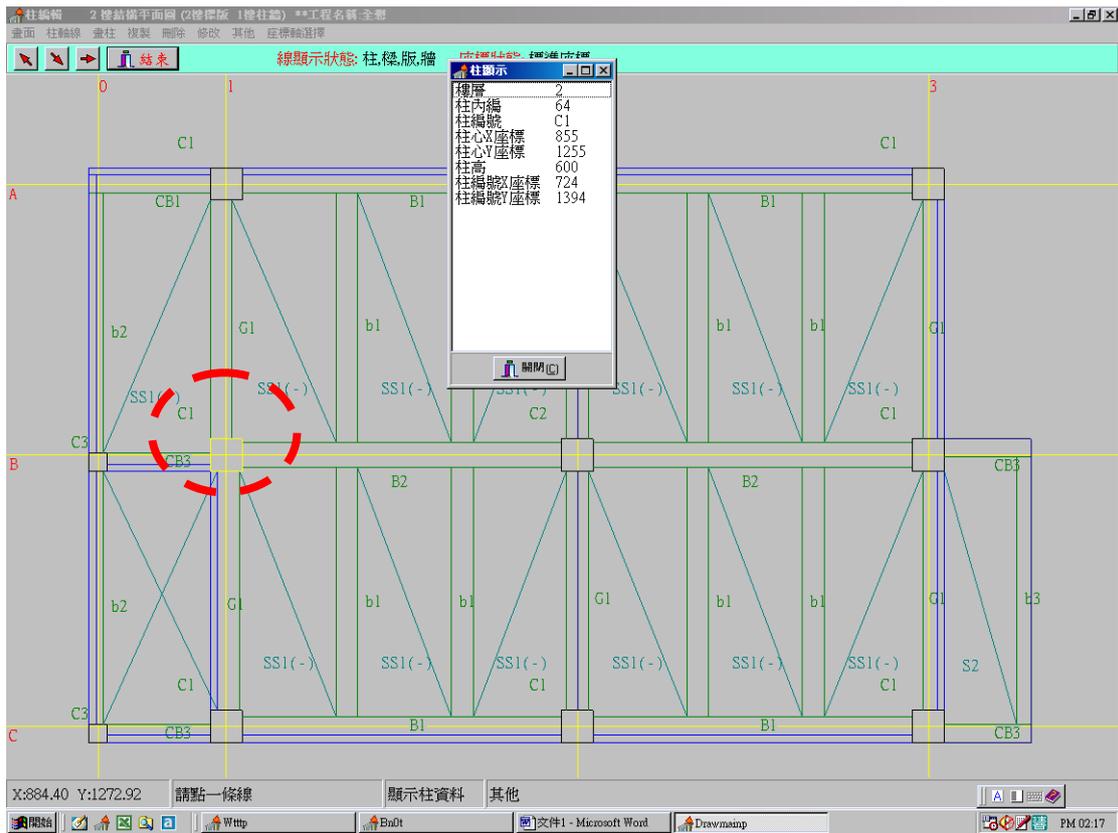


圖 5-4-1 AACC 平面柱編輯顯示

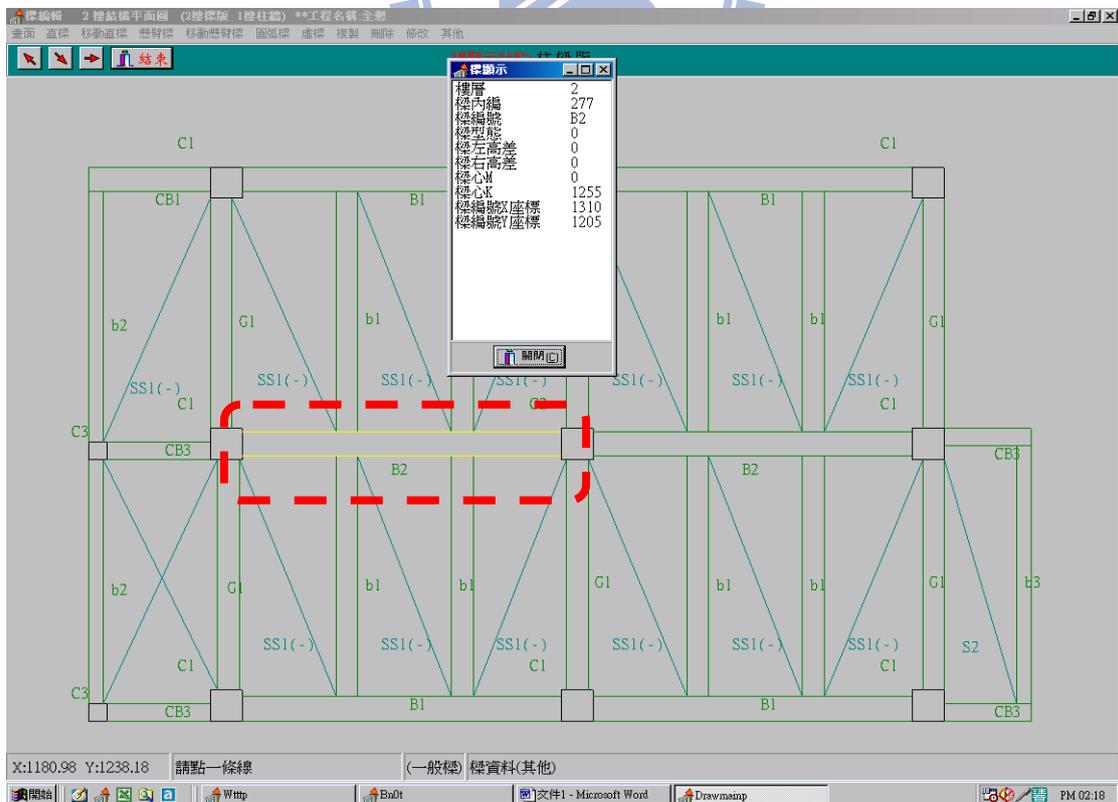


圖 5-4-2 AACC 梁編輯顯示

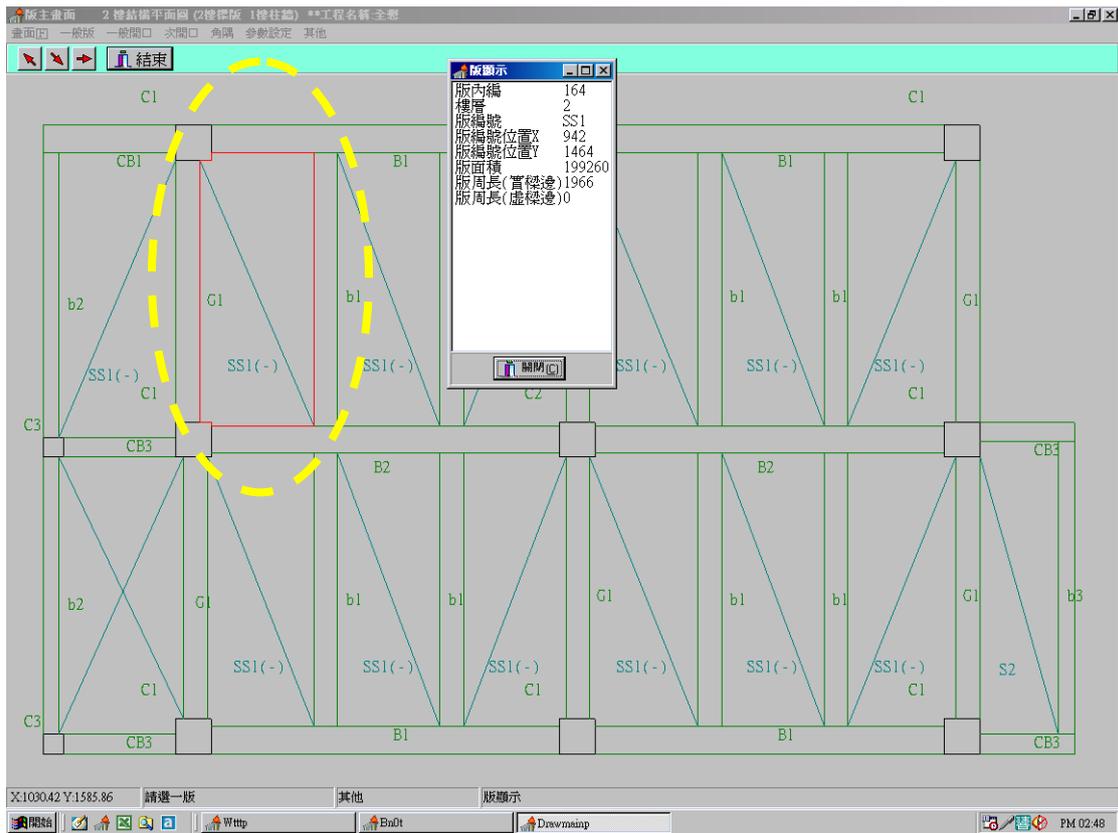
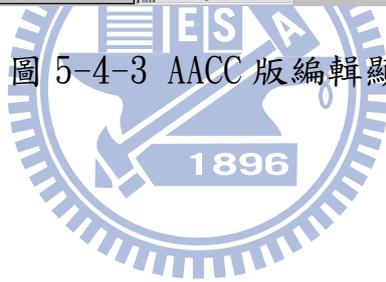


圖 5-4-3 AACC 版編輯顯示



柱 (鋼筋 混凝土 模板)計算式
=====

樓層:R 柱內編:93 柱編號:C3

(1)模板計算式:(50+50)*2*380/10000=7.6
(2)混凝土計算式:(50*50)*380/1000000=0.95
樑 (鋼筋 混凝土 模板)計算式
=====

樓層:P1 構架編號:X1 鋼筋最長搭接 m 數:10

285
##————##
C3 B11 C1
樓層:P1 樑內編:271 樑編號:B11
(1)模板計算式:285*70*2+40*285=5.13
(2)混凝土計算式:285*70*40=0.8
版 (鋼筋 混凝土 模板)計算式
=====

樓層:P1 版內編:161 版編號:S2

(1)模板計算式:版底=22.07 虛樑邊=0.00 實樑邊=-3.09
(2)混凝土計算式:22.07*15.0/100=3.3
R C 牆 (鋼筋 混凝土 模板)計算式
=====

樓層:P1 牆內編:153 牆編號:W15B

(1)模板計算式:(63*790-0)*2/10000=9.95 封模=0.00 接頭模板=-1.18
(2)混凝土計算式:(63*790-0)*15/1000000=0.75

圖 5-4-4 AACCC 計算式(本研究資料整理，未列鋼筋計算部份)

牆柱分離 - IfcQuickBrowser
File Edit View ?
ISO-10303-21;HEADER;FILE_DESCRIPTION(('ArchiCAD 11.00 Release 1 gener
#1= IFCORGANIZATION('GS','Graphisoft','Graphisoft',\$,\$);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');
#6= IFCPERSON("","",\$,\$,\$,\$);
#8= IFCORGANIZATION("","",\$,\$);
#12= IFCPERSONANDORGANIZATION(#6,#8,\$);
#13= IFCOWNERHISTORY(#12,#5,\$,NOCHANGE.,,\$,\$,1226379022);
#12= IFCPERSONANDORGANIZATION(#6,#8,\$);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');

牆貼柱 - IfcQuickBrowser
File Edit View ?
ISO-10303-21;HEADER;FILE_DESCRIPTION(('ArchiCAD 11.00 Release 1 gener
#1= IFCORGANIZATION('GS','Graphisoft','Graphisoft',\$,\$);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');
#6= IFCPERSON("","",\$,\$,\$,\$);
#8= IFCORGANIZATION("","",\$,\$);
#12= IFCPERSONANDORGANIZATION(#6,#8,\$);
#13= IFCOWNERHISTORY(#12,#5,\$,NOCHANGE.,,\$,\$,1226379125);
#12= IFCPERSONANDORGANIZATION(#6,#8,\$);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');

牆嵌柱 - IfcQuickBrowser
File Edit View ?
ISO-10303-21;HEADER;FILE_DESCRIPTION(('ArchiCAD 11.00 Release 1 gener
#1= IFCORGANIZATION('GS','Graphisoft','Graphisoft',\$,\$);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');
#6= IFCPERSON("","",\$,\$,\$,\$);
#8= IFCORGANIZATION("","",\$,\$);
#12= IFCPERSONANDORGANIZATION(#6,#8,\$);
#13= IFCOWNERHISTORY(#12,#5,\$,NOCHANGE.,,\$,\$,1226379266);
#12= IFCPERSONANDORGANIZATION(#6,#8,\$);
#5= IFCAPPLICATION(#1,'11.0','ArchiCAD 11.0','ArchiCAD');

圖 5-5-1 IFC-Schema 差異內容-1

牆柱分離 - IfcQuickBrowser

File Edit View ?

Icons: Folder, Question mark

```
#261= IFCCARTESIANPOINT(4.6871287, 15.996212, 0.);
#265= IFCAxis2Placement3D(#261, #36, #28);
#268= IFCLocalPlacement(#90, #265);
#271= IFCWALLSTANDARDCase('1_rE7BDIrOrunnhCPZyekd', #
#290= IFCCARTESIANPOINT((0., 0.));
#294= IFCCARTESIANPOINT((10., 0.));
#298= IFCPolyline((#290, #294));
#302= IFCDIRECTION((6.1230318E-17, 1.));
#306= IFCGeometricRepresentationContext('Plan', 'Mod
```

<

```
#265= IFCAxis2Placement3D(#261, #36, #28);
```

牆貼柱 - IfcQuickBrowser

File Edit View ?

Icons: Folder, Question mark

```
#261= IFCCARTESIANPOINT(4.4486934, 15.996212, 0.);
#265= IFCAxis2Placement3D(#261, #36, #28);
#268= IFCLocalPlacement(#90, #265);
#271= IFCWALLSTANDARDCase('1_rE7BDIrOrunnhCPZyekd', #
#290= IFCCARTESIANPOINT((0., 0.));
#294= IFCCARTESIANPOINT((10., 0.));
#298= IFCPolyline((#290, #294));
#302= IFCDIRECTION((6.1230318E-17, 1.));
#306= IFCGeometricRepresentationContext('Plan', 'Mod
```

<

```
#265= IFCAxis2Placement3D(#261, #36, #28);
```

牆嵌柱 - IfcQuickBrowser

File Edit View ?

Icons: Folder, Question mark

```
#261= IFCCARTESIANPOINT(3.4491846, 15.996212, 0.);
#265= IFCAxis2Placement3D(#261, #36, #28);
#268= IFCLocalPlacement(#90, #265);
#271= IFCWALLSTANDARDCase('1_rE7BDIrOrunnhCPZyekd', #
#290= IFCCARTESIANPOINT((0., 0.));
#294= IFCCARTESIANPOINT((10., 0.));
#298= IFCPolyline((#290, #294));
#302= IFCDIRECTION((6.1230318E-17, 1.));
#306= IFCGeometricRepresentationContext('Plan', 'Mod
```

<

```
#265= IFCAxis2Placement3D(#261, #36, #28);
```

圖 5-5-2 IFC-Schema 差異內容-2


```

#54= IFCPROJECT('2uTuFEPIL21g1RWYvaLuU8',#13,'\\S\J\S\,\S\Y
\S\6\S\5\S\%\S\X',,$,$,$,$,(#51,#111,#306),#26);
#61= IFCLOCALPLACEMENT($,#44);
#64= IFCSITE('3NzA2rhb16xwvUPNHgU4XY',#13,'\\S\J\S\,\S\Y
\S\3\S\u\S\&a',,$,$,#61,$,$,.ELEMENT.,(39,9,0),(116,4,0),$,$,$);
#74= IFCLOCALPLACEMENT(#61,#44);
#77= IFCBUILDING
('01x8ZvHmX91eV0sL8cq12J',#13,'\\S\J\S\,\S\Y \S+\S\X\S?v',,$,$,#74,$,$,.ELEMENT.,,$,$);
#87= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#40,#36,#28);
#90= IFCLOCALPLACEMENT(#74,#87);
#93= IFCBUILDINGSTOREY
('2wo0rjQ$L1Secy6iz8x_lj',#13,'\\S-\S:\S\<h\S\%\S-\S-\S\1\S\9\S\0',,$,$,#90,$,$,.ELEMENT.,0.);
#103= IFCMATERIAL('S\5\S\2\S\:\c\S\2V\S\>\S\.\S\g');
#106= IFCDIRECTION((6.1230318E-17,1.));
#111= IFCGEOMETRICREPRESENTATIONCONTEXT('Plan','Plan',3,1.0000000E-5,#44,#106);
#115= IFCGEOMETRICREPRESENTATIONSUBCONTEXT
('Annotation2D','Plan',* ,* ,* ,* ,#111,0.01,.PLAN_VIEW.,$);
#118= IFCCOLOURRGB($,0.,0.,0.);
#119= IFCCURVESTYLEFONT('',( #121));
#121= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(1000.,5000.);
#122= IFCCURVESTYLE($,#119,$,$);
#123= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#122));
#125= IFCCURVESTYLE('1',#119,$,#118);
#126= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.));
#130= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#125,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.62353832),$,#126,0.);
#133= IFCCOLOURRGB($,0.,0.,0.);
#134= IFCCURVESTYLEFONT('',( #136));
#136= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(1000.,5000.);
#137= IFCCURVESTYLE($,#134,$,$);
#138= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#137));
#140= IFCCURVESTYLE('2',#134,$,#133);
#141= IFCCARTESIANPOINT((0.18000001,0.31176915));
#145= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#140,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.62353832),$,#141,0.);
#148= IFCCOLOURRGB($,0.,0.,0.);
#149= IFCCURVESTYLEFONT('',( #151));
#151= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(1000.,5000.);
#152= IFCCURVESTYLE($,#149,$,$);
#153= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#152));

```

#155= IFCCURVESTYLE('3',#149,\$,#148);
 #156= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.));
 #160= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#155,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.62353832),\$,#156,60.);
 #163= IFCCOLOURRGB(\$,0.,0.,0.);
 #164= IFCCURVESTYLEFONT('',(#166));
 #166= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(1000.,5000.);
 #167= IFCCURVESTYLE(\$,#164,\$,\$);
 #168= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#167));
 #170= IFCCURVESTYLE('4',#164,\$,#163);
 #171= IFCCARTESIANPOINT((1.08,0.));
 #175= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#170,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.62353832),\$,#171,60.);
 #178= IFCCOLOURRGB(\$,0.,0.,0.);
 #179= IFCCURVESTYLEFONT('',(#181));
 #181= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(1000.,5000.);
 #182= IFCCURVESTYLE(\$,#179,\$,\$);
 #183= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#182));
 #185= IFCCURVESTYLE('5',#179,\$,#178);
 #186= IFCCARTESIANPOINT((-0.060000002,0.));
 #190= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#185,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.62353832),\$,#186,120.);
 #193= IFCCOLOURRGB(\$,0.,0.,0.);
 #194= IFCCURVESTYLEFONT('',(#196));
 #196= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(1000.,5000.);
 #197= IFCCURVESTYLE(\$,#194,\$,\$);
 #198= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#197));
 #200= IFCCURVESTYLE('6',#194,\$,#193);
 #201= IFCCARTESIANPOINT((-0.42000002,0.));
 #205= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#200,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.62353832),\$,#201,120.);
 #208= IFCCOLOURRGB(\$,0.,0.,0.);
 #209= IFCCURVESTYLEFONT('',(#211,#212));
 #211= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(0.,2000.);
 #212= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(0.,3000.);
 #213= IFCCURVESTYLE(\$,#209,\$,\$);
 #214= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#213));
 #216= IFCCURVESTYLE('7',#209,\$,#208);
 #217= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.060000002));
 #221= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#216,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.12),\$,#217,0.);
 #224= IFCCOLOURRGB(\$,0.,0.,0.);
 #225= IFCCURVESTYLEFONT('',(#227,#228));

```

#227= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(0.,1500.);
#228= IFCCURVESTYLEFONTPATTERN(0.,2500.);
#229= IFCCURVESTYLE($,#225,$,$);
#230= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#229));
#232= IFCCURVESTYLE('8',#225,$,#224);
#233= IFCCARTESIANPOINT((0.14485282,0.084852817));
#238= IFCFILLAREASTYLEHATCHING(#232,IFCPOSITIVELENGTHMEASURE(0.12),$,#233,45.);
#241= IFCFILLAREASTYLE($,(#130,#145,#160,#175,#190,#205,#221,#238));
#243= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#241));
#245= IFCSTYLEDITEM($,(#243),$);
#249= IFCSTYLEDREPRESENTATION(#115,$,$,(#245));
#254= IFCMATERIALDEFINITIONREPRESENTATION($,$,(#249),#103);
#256= IFCMATERIALLAYER(#103,0.5,.U.);
#258= IFCMATERIALLAYERSET((#256),'\S\5\S\2\S\c\S\2V\S\>\S\.\S\$g');
#260= IFCMATERIALLAYERSETUSAGE(#258,.AXIS2.,.NEGATIVE.,0.25);
#261= IFCCARTESIANPOINT((-4.3624247,26.019843,0.));
#265= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#261,#36,#28);
#268= IFCLOCALPLACEMENT(#90,#265);
#271= IFCWALLSTANDARDCASE
('2v9vLn1IT4dQIIsdoWCOGwB',#13,'0-008',$,$,#268,#349,'AA0B0991-370D-4E25-B1-3A-9421F4CC5BD8');
#290= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.));
#294= IFCCARTESIANPOINT((10.,0.));
#298= IFCPOLYLINE((#290,#294));
#302= IFCDIRECTION((6.1230318E-17,1.));
#306= IFCGEOMETRICREPRESENTATIONCONTEXT('Plan','Model',3,1.0000000E-5,#44,#302);
#310= IFCSHAPEREPRESENTATION(#306,'Axis','Curve2D',(#298));
#316= IFCCARTESIANPOINT((0.,-0.25));
#320= IFCCARTESIANPOINT((10.,-0.25));
#324= IFCCARTESIANPOINT((10.,0.25));
#328= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.25));
#332= IFCPOLYLINE((#316,#320,#324,#328,#316));
#336= IFCARBITRARYCLOSEDPROFILEDEF(.AREA.,$,#332);
#337= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#40,#36,#28);
#340= IFCEXTRUDEDAREASOLID(#336,#337,#36,3.);
#343= IFCSHAPEREPRESENTATION(#51,'Body','SweptSolid',(#340));
#349= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#310,#343));
#353= IFCREASSOCIATESMATERIAL('01RikhBej4khpc$Tegp5j1',#13,$,$,(#271),#260);
#355= IFCCOLOURRGB($,1.,1.,1.);

```

```

#356= IFCSURFACESTYLERENDERING
(#355,0.,IFCNORMALISEDRAIOMEASURE(0.89),$,,$,IFCNORMALISEDRAIOMEASURE(0.09),$,,NOTDEFINED.);
#357= IFCSURFACESTYLE($,.BOTH.,(#356));
#359= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#357));
#361= IFCSURFACESTYLE($,.BOTH.,(#356));
#363= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#361));
#366= IFCSTYLEDITEM(#340,(#363),$);
#370= IFCPRESENTATIONLAYERASSIGNMENT
('3D-\S@\S\p\S\E\S\i-\S\%~\S\3\S\!.A',$(#310,#343),$);
#372= IFCCOLUMN
('3HEEEZBPXC4eeIqWZBJ5DU',#13,'Z-010','',$,#426,#415,'3DC44F9F-3D3F-4D20-8F-CA-4A8DC6809ED0');
#391= IFCDIRECTION((1.,0.));
#395= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.));
#399= IFCAXIS2PLACEMENT2D(#395,#391);
#402= IFCRECTANGLEPROFILEDEF(.AREA.,$,#399,1.,1.);
#403= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#40,#36,#28);
#406= IFCEXTRUDEDAREASOLID(#402,#403,#36,3.);
#409= IFCSHAPEREPRESENTATION(#51,'Body','SweptSolid',(#406));
#415= IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#409));
#419= IFCCARTESIANPOINT((-5.9927166,26.019843,0.));
#423= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#419,#36,#28);
#426= IFCLOCALPLACEMENT(#90,#423);
#429= IFCRELASSOCIATESMATERIAL('3iq2jWJq56XAZFE_1rlafS',#13,$,$,(#372),#103);
#431= IFCCOLOURRGB($,0.65882353,0.6627451,0.61960784);
#432= IFCSURFACESTYLERENDERING
(#431,0.,IFCNORMALISEDRAIOMEASURE(0.9),$,,$,IFCNORMALISEDRAIOMEASURE(0.05),$,,NOTDEFINED.);
#433= IFCSURFACESTYLE($,.BOTH.,(#432));
#435= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#433));
#437= IFCSURFACESTYLE($,.BOTH.,(#432));
#439= IFCPRESENTATIONSTYLEASSIGNMENT((#437));
#441= IFCSTYLEDITEM(#406,(#439),$);
#445= IFCPRESENTATIONLAYERASSIGNMENT('3D-\S\,W-\S\$\S\:\S\3\S\!.A',$(#409),$);
#447= IFCRELCONTAINEDINSPATIALSTRUCTURE
('1iG_mUiAH2YPpT1Sz5_BDx',#13,'BuildingStoreyContainer','BuildingStoreyContainer
for Building Elements',(#271,#372),#93);
#449= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,3.));
#453= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#449,#36,#28);
#456= IFCLOCALPLACEMENT(#74,#453);

```

```

#459= IFCBUILDINGSTOREY
('1f0q8r99jE1AL0QPeob07e',#13,'\\S\G\S\<h\S\%\S\-\S\-\S\1\S\9\S\0',,$,$,#456,$,$,.ELEMENT.,3.);
#469= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,6.));
#473= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#469,#36,#28);
#476= IFCLOCALPLACEMENT(#74,#473);
#479= IFCBUILDINGSTOREY
('05G4xT8tTBcvED4gpf1XDW',#13,'\\S\T\S\<h\S\%\S\-\S\-\S\1\S\9\S\0',,$,$,#476,$,$,.ELEMENT.,6.);
#489= IFCCARTESIANPOINT((0.,0.,9.));
#494= IFCAXIS2PLACEMENT3D(#489,#36,#28);
#497= IFCLOCALPLACEMENT(#74,#494);
#500= IFCBUILDINGSTOREY
('3dDd0I4rj6Y9L2EAKWWhWT',#13,'\\S\+\S\N\S\3\S\;\S\%\S\-\S\-\S\1\S\9\S\0',,$,$,#497,$,$,.ELEMENT.,9.);
#510= IFCRELAGGREGATES
('2QQ31Dztv2Ae9PHTLJwke$',#13,'BuildingContainer','BuildingContainer for
BuildigStories',#77,(#93,#459,#479,#500));
#514= IFCRELAGGREGATES
('1s8W7LVKD79RkbJyNzaeEn',#13,'SiteContainer','SiteContainer For
Buildings',#64,(#77));
#516= IFCRELAGGREGATES
('0LRJP$ZY57_Q6P0z5hX$rr',#13,'ProjectContainer','ProjectContainer for
Sites',#54,(#64));
ENDSEC;

END-ISO-10303-21;

```

