

【主題類別】：遙測及測量技術與空間資訊資料建置

## GIS與BIM之整合應用

### The Application for the Integration of GIS and BIM

許文國<sup>1</sup>

張智傑<sup>2</sup>

白璧玲<sup>3</sup>

廖泫銘<sup>4</sup>

Wen-Kuo Hse Chih-Chieh Chang Pi-Ling Pai Hsiung-Ming Liao

#### 摘要

近年來建築資訊模型(BIM)的應用範疇愈來愈廣泛，國際間眾多團體正致力於整合 GIS 與 BIM 空間資訊，期盼能夠開創嶄新的地理空間資訊前景，因此如何將 BIM 較微觀的空間架構與 GIS 的宏觀空間概念結合，使兩者之間的資訊能夠交互運用，逐漸成為受關注的研究趨勢。

本文嘗試以 PilotGaea Express 做為整合 BIM 與 GIS 兩大系統的 3D GIS 平台，然而其各自擁有獨立的資料格式及標準，因此若要使 BIM 的模型資料能夠匯入至 PilotGaea Express 3D GIS 平台中呈現，本文嘗試將模型以 Autodesk Revit Architecture 匯出 IFC 標準後再匯入 Google SketchUp。三維模型匯入後呈現貼面材質消失以及多處結構組件產生錯置情形。然而若以 Architecture 匯出 DWG 格式後再匯入 SketchUp，雖然貼面材質仍無法轉換，但結構組件錯置情形大幅減少並可縮短 8 倍的資料轉換時間。

Keywords: 3D GIS、BIM、Digital City

關鍵字：三維地理資訊系統、建築資訊模型、數位城市

---

<sup>1</sup>中央研究院計算中心資訊人員

Information Staff, Computing Centre, Academia Sinica, Taiwan

<sup>2</sup>中央研究院人文社會科學研究中心地理資訊專題中心研究助理

Assistant Research, Research Center for Humanities and Social Sciences, Academia Sinica, Taiwan

<sup>3</sup>中央研究院計算中心 GIS 組組長

GIS Team Leader, Computing Centre, Academia Sinica, Taiwan

<sup>4</sup>中央研究院人文社會科學研究中心研究助技師

Research Engineer, Research Center for Humanities and Social Sciences, Academia Sinica, Taiwan

## 一、前言

地理資訊系統(GIS, Geography Information System)的發展至今已超過 20 年，相關技術已相當成熟且廣泛應用於各行各業中。近年來結合三維建物模型的應用日趨盛行，根據 GIS 系統的定義是用來收集、儲存、分析、管理和呈現與位置有關的數據，理論上建物模型應該包含室內及室外的空間屬性，然而在互通性國際聯盟組織 IAI(International Alliance for Interoperability)提出建築資訊模型(BIM, Building Information System)的架構之前，GIS 主要仍以大範圍的空間資訊作為相關分析研究和應用範疇，且對於真實的三維建築表達，頂多略以實心的模型做為代替，使人類活動空間的相關分析及研究仍然停留在室外。

在過去幾年內，三維城市模型發展相當的快速，許多城市與重要地標都已完成三維模型的數位化服務，提供一般使用者或研究團體，作為導覽或分析研究等多方面之應用，例如觀光、災害預防、導航、都市計畫等面向，並且不斷持續擴增應用層面上的範圍，因此對於更精細的城市模型需求性也大幅提升。

本文建模環境主要使用工具為 Google SketchUp 與 Autodesk Revit Architecture 軟體，由於在不同的商業三維工具軟體大廠，可能因產品導向設定的差異和異質的資料格式，使得商業展示平台通常都具有獨立性，以致於建模成果無法直接在不同軟體的平台間交互流通，因此在應用時必須進行格式的轉換。

1994 年 buildingSmart 開始發展工業基礎類別標準(IFC, Industry Foundation Classes)，欲制定一開放式的標準來實踐建築資訊模型(BIM)的理念(buildingSMART, 2009)，藉由 IFC 可作為解決運用不同商業工具所建置三維模型之資料交換方法之一。

## 二、目的

以建立數位地球(Digital Earth)為目標，數位城市(Digital City)即實現數位地球的一個重要面向，數位城市的建立可包含地理資訊系統(GIS, Geography Information System)與建築資訊模型(BIM, Building Information System)兩系統的應用。

基於資源共享的原則，並且使資料能夠提供更廣泛的延伸運用，則必須將上述兩大系統進行整合，然而 GIS 與 BIM 不論是在資料結構的形態，或是表達呈現的方式都有非常大的差異，因此本文嘗試將兩者結合，並探討其過程所遇之問題及困難。

在建築工業設計領域(Architecture、Engineering and Construction/Facilities management, AEC/FM) 發展成熟的國際標準 IFC，對建築物本身結構有非常詳細的描述及定義。為了便於三維模型的修改和瀏覽，以及與其他模型進行整合，本文嘗試將 IFC 格式之三維模型轉換至 Google SketchUp 內，作為 GIS 與 BIM 整合之測試工作。

本文研究目的如下：

1. 試著找出 Revit Architecture 匯至 Google SketchUp 之方法。
2. 探討 IFC 模型轉換至 SketchUp 其資訊交換同時可能產生的問題。
3. 探討 BIM 與 3D GIS 整合過程的問題及困難。

## 三、文獻回顧

### 3.1 Autodesk Revit Architecture

Autodesk 公司旗下 Architecture 2012 產品為目前 Revit 系列最新版本，本文相關三維模型建構所採用之建模工具為 Autodesk® Revit® Architecture 2011，其軟體是為建築資訊模型(BIM)所打造，可作為永續設計、營造規畫與建造輔助之軟體，其主要功能如下。

- 元件參數化，無需任何程式語言或編碼
- 自動在形式周圍建立參數式架構，可將設計從概念模型直接轉為施工文件。
- 支援原生 64 位元有助於強化效能與穩定性。
- 可利用干涉檢查掃描模型是否存在元素衝突。
- 可利用材料需求工具協助計算詳細的材料數量，並且以成本估算追蹤材料數量。
- 凡是有資訊變更，整個模型便會隨之變更。
- 變更其中一個明細表視圖，所有其他視圖也會相應自動更新。
- 可將建築模型或基地（連同重要的詮釋資料）匯出至 Civil 3D 土木工程軟體，或從 Inventor 機械設計軟體匯入模型。

### 3.2 工業基礎類別(IFC)介紹

buildingSMART 是一個國際性的非營利組織，主要的目標是訂定跨平台協同作業國際標準及分享建築資訊模型。1994 年共 12 家美國軟體公司聯合起來希望建立一套標準。1995 年 10 月正式成立 IAI 組織(International Alliance for Interoperability)，並逐漸將他們的理想推廣到全世界，目前在全世界已擁有 13 個分會、22 個會員國；IAI 在 2006 年改稱為 buildingSMART。IFC 為一項開放式資訊交換標準，目的在使整個建築物生命周期所有資訊能夠整合在一個 BIM 之中，讓生命周期中所有軟體能夠共享及資訊交換。

目前 ISO 組織(International Organization for Standardization)已經將 IFC 納入 AEC/FM 領域中的資料統一標準，IFC 格式不僅包括實體的建築元素，例如牆、樑和柱等，也包括了抽象的概念，如計畫、空間、組織及造架等。IFC 運用 BIM 概念實現建築生命週期資訊共用的基礎，此一標準為解決資訊交換與共用問題的途徑，基於此統一標準，資料即可以在不同的系統之間使用此共同語言相互流通和轉換(buildingSMART, 2009)。

IFC 的整體分為四個層次，每個層次又包含數個模組，但一般的開發應用人員無需了解 IFC 標準內容的全部，在清楚整體框架與核心結構的情形下，僅需了解對應的部分即可，例如想了解幾何資訊，便可在資源層的幾何模組中查找。

IFC 其最大優點為互操作性(Interoperability)，也就是可在不同系統平台間分享及流通資訊。IFC 提供非常詳細的結構元件來描述三維建築物。目前支援 BIM 概念並且可直接匯入、匯出 IFC 格式的商業軟體，整理如表 3-1 所示。

表 3-1 支援 IFC 之商業軟體

| Company Name | Application Name                 | Support |
|--------------|----------------------------------|---------|
| Autodesk     | Autodesk Revit Architecture 2011 |         |
| Bentley      | Bentley Architecture V8i         | IFC2x3  |
| Graphisoft   | ArchiCAD 13                      |         |
| Nemetschek   | VectorWorks 2011                 |         |

### 3.3 Building Information Modeling

建築資訊模型 (BIM, Building Information Modeling)指的是在營建設施(包括如建築物、橋梁、道路、隧道等)的過程中，透過電腦虛擬空間中模擬真實工程的作為，以協助營建流程規劃、設計、施工、營運、維護工作中之各項管理與工程作業之新技術、新方法與新概念(而不是常被誤解的新工具)。BIM 的技術特質對於公共工程品質的提昇、減少錯誤變更的成本浪費、有效縮短工期、跨專業整合與溝通介面管理等成效，國內外均已經有許多成功案例。(郭榮欽，2011)

BIM 術語，因不同使用時機與目的，通常包含三種定義：

1. 指一個「產品」 - 也就是描述一個建築物的數位化 3D 模型，亦是涵蓋其「形」與「意」之結構化的資料集，故可稱：建築資訊模型。
2. 指一項「活動」 - 也就是建置與管理一個建築資訊模型的行為，可稱為：建築資訊建模。
3. 指一套「系統」 - BIM 本身具有系統化集體運作過程的內涵，營建業若導入 BIM，就彷彿自然地在執行一套新的商務系統模式，所以，可用：建築資訊管理稱呼它。(謝尚賢，2011)

### 3.4 Google SketchUp

Google SketchUp 是目前世界最受歡迎的三維設計軟體之一，其開發公司 Last Software 在 2006 年 3 月被 Google 公司所收購。在目前最新版本 SketchUp 8 已經支援 KMZ、DAE 檔案格式，並提供一般版(Free)及專業版(Pro)兩種，其功能主要差異為專業版擁有更豐富的檔案交換格式，並可建立設計文件與產生報告、PDF 等。本文相關三維模型建構所使用之建模工具為 SketchUp Pro 版本為 8.0.4811。

目前 Google SketchUp 運用在建築物的案例已非常多，配合 GoogleEarth 作為展示平台，更便於使全世界的眾多使用者觀看模型的設計成果，以及可以藉由 Google 線上免費的「3D 模型庫」，來儲存和分享所有 SketchUp 繪製的模型，其產品主要特色如下：

1. 簡潔明瞭的介面，可以讓使用者快速掌握。
2. 適用範圍廣闊，可以應用在建築、規劃、景觀、室內以及工業設計等領域。
3. 方便的推拉功能，無需進行複雜的三維建模。
4. 快速產生任何位置的剖面，使設計者清楚的瞭解建築的內部結構。
5. 支援如 3DS、DWG、VRML、DAE 及 JPEG、PNG 等多種 3D 與 2D 格式。
6. 自帶大量門，窗，柱，傢俱等組件庫和建築紋理需要的材質庫。
7. 具有草稿、線稿、透視、渲染等不同顯示模式。
8. 準確定位陰影和日照，設計者可根據建築物所在地區和時間，即時進行陰影和日照分析。
9. 簡便的進行空間尺寸和文字的標注，並支援標注部分可始終朝向使用者。

### 3.5 PilotGaea Express 平台

PilotGaea Express 為本文與國內藏識科技公司共同合作開發的 3D GIS 前台工具，藉由 PilotGaea Express 可將建置完成的三維模型做各種分析與應用，其平台可提供各式的測量工具、空間分析、水文分析、地質層展示、林火模擬...等。使用者可以利用這些測量工具進行長度、面積與三為環境下的高度測量，並提供了 GIS 常用的空間分析功能，包含最佳路徑分析，視域分析、球體視域分析、直視分析、陰影分析、坡度分析及坡向分析等等。前述功能只需在同一專案和應用程

式中，可立即於同一視窗內做到無時差的 2D 與 3D 切換，讓使用者在透過簡單的操作情形下，可進行專業的空間資訊編輯與分析，亦可搭配開發工具進行更具彈性的 GIS 分析應用。

## 四、研究方法

### 4.1 IFC 轉換

由於 IFC 具有互為操作性，可以在不同系統平台間做資訊的分享與流通，故本文利用 Autodesk Revit Architecture 2011 建立 LOD4 標準以上之模型(如圖 4.1 所示)，其模型建置完成後匯出至 IFC 標準格式，且為了便於三維模型的修改、瀏覽，以及與其他模型進行整合，因此再由 IFC 格式之三維模型匯入至 Google SketchUp 內，然而 SketchUp 軟體未支援 IFC 格式之檔案直接匯入，故本文藉由 Secom 研發部提供之 IFC2SKP 0.86 Beta 的 SketchUp 外掛程式來進行匯入動作。當安裝完外掛程式，由外掛程式選單中開啟 IFC 文件，此時會跳出一個屬性對話視窗(如圖 4.2 所示)，可依照模型所需要的類別勾選和設定後匯入，本文以勾選所有圖層進行匯入；匯入的時間依據檔案的大小及電腦的效能而有所不同，以本文模型為例匯入時間約 40 分鐘。

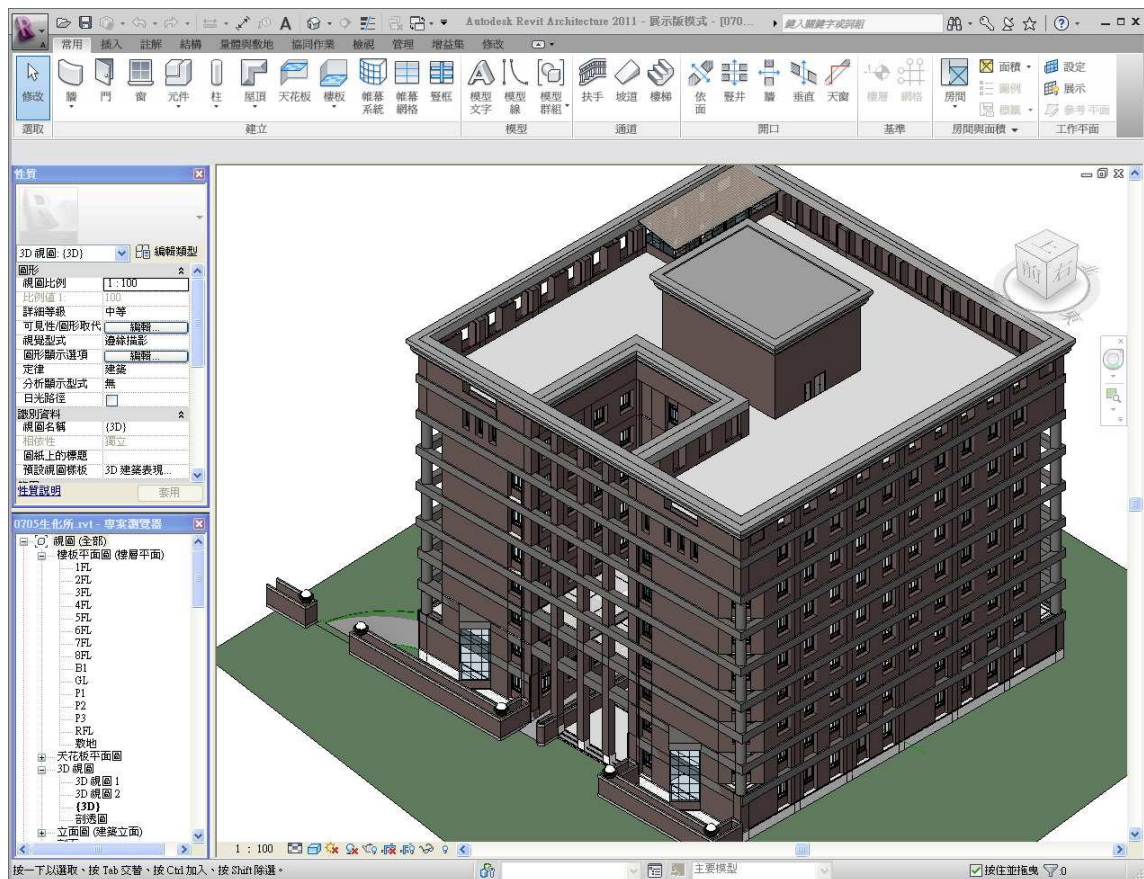


圖 4.1 Autodesk Revit Architecture 2011 建置之模型

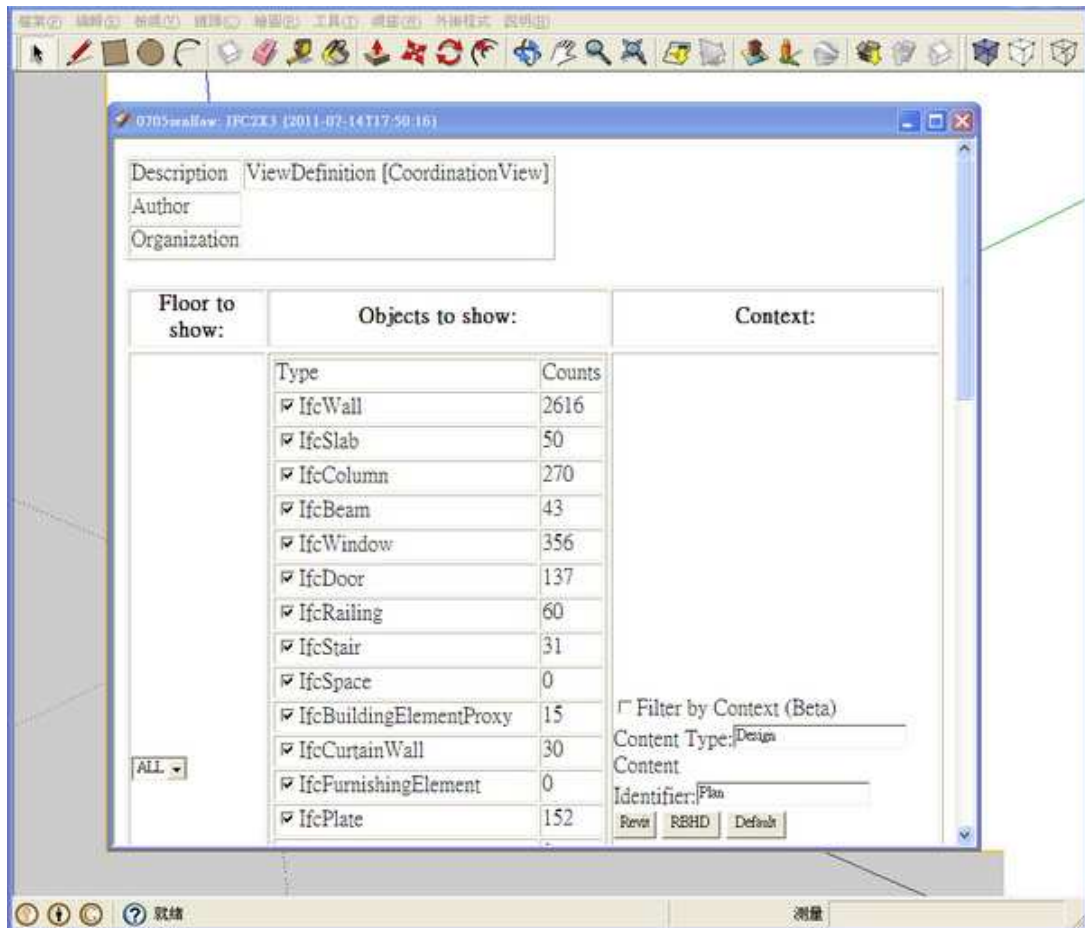


圖 4.2 IFC2SKP 模型匯入設定視窗

#### 4.2 DWG 轉換

為了使模型資訊能夠在更多軟體平台上流通，並且減少檔案因轉換時造成模型呈現錯誤的發生，在 Autodesk Revit Architecture 2011 及 Google SketchUp Pro 8 同樣具有支援 DWG 格式情形下，本文嘗試由 Revit Architecture 匯出 DWG 再直接匯入至 SketchUp，並觀察模型轉換後匯入之完整性。

#### 4.3 與 3D GIS 整合

確認三維模型的結構與貼面材質皆為正確後，即可將檔案匯入至 Scene Producer 3D GIS 分析處理軟體，同時對於三維模型進行空間定位，定位方式可由設定視窗中給予三維座標(如圖 4.3 所示)，或在三維瀏覽模式下直接以滑鼠拖曳至正確位置並調整其正確之方位角，完成上述步驟後，由專案方式匯出提供 PilotGaea Express 使用。

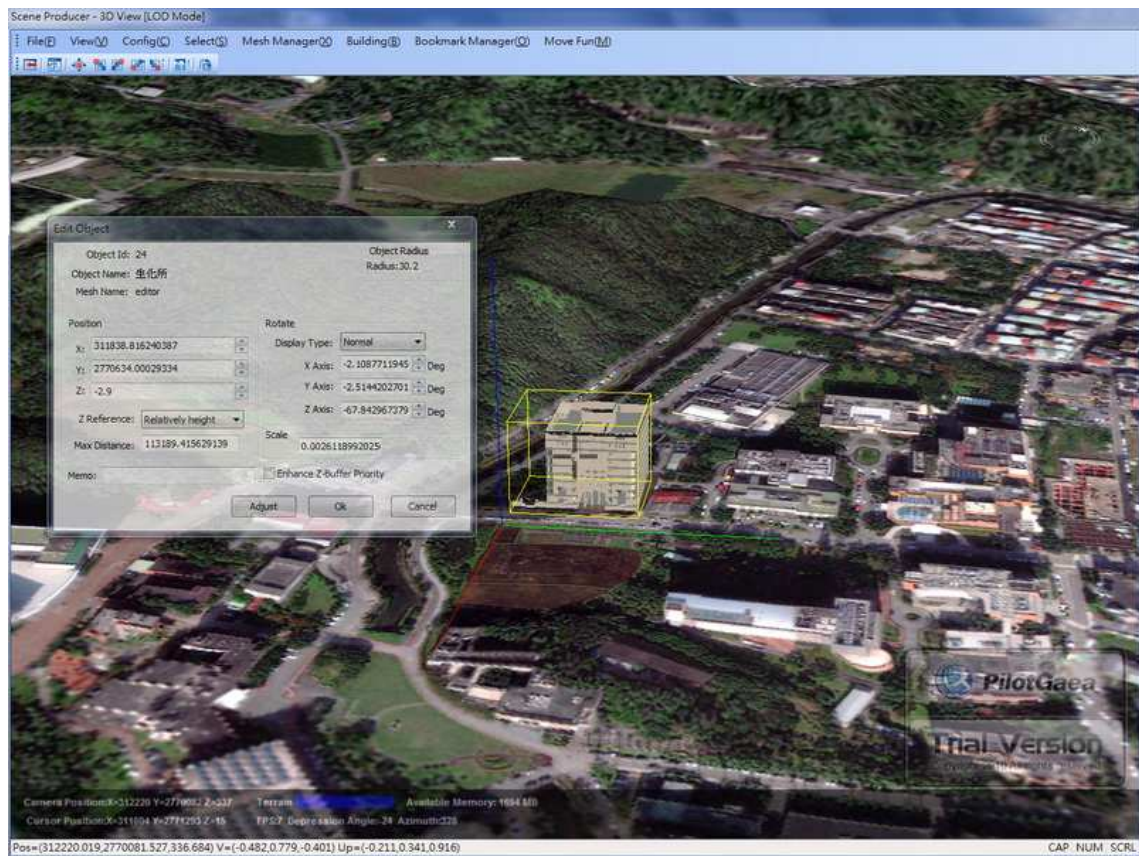


圖 4.3 Scene Producer 三維模型定位

## 五、研究結果

### 5.1 IFC 標準轉換

Autodesk Revit Architecture 建置之三維模型，可由軟體內建 IFC 匯出功能自由匯出 IFC 2x3 標準，並嘗試將 IFC 標準模型檔藉由 IFC2SKP 外掛程式匯入至 Google SketchUp 中，其匯入時間大約需 40 分鐘。圖 5.1 為實際匯入 SketchUp 後的顯示結果，與原始模型差異較大的部分則以紅點數字做為標示，並對於不同的差異詳述如下：

標示 1：部分結構或組件位置錯置不正確。

標示 2：可能因轉換過程中有錯誤的發生而產生多餘的組件。

標示 3：原“凹”形構造的樓頂，可能因錯置的組件填補了部分的開放缺口，造成系統辨識錯誤而自動填滿缺口。

標示 4：圓柱結構的圓柱形曲面，在轉換後系統自動將平滑曲面分割成多個多邊型。

標示 5：模型外牆的磁磚貼面材質，已由 IFC2SKP 程式匯入時的圖層類別顏色標示選單中的顏色所替代。

標示 6：原本大面積觀景窗玻璃及窗戶玻璃的透明材質，已被不具透明度的單一顏色材質所取代。

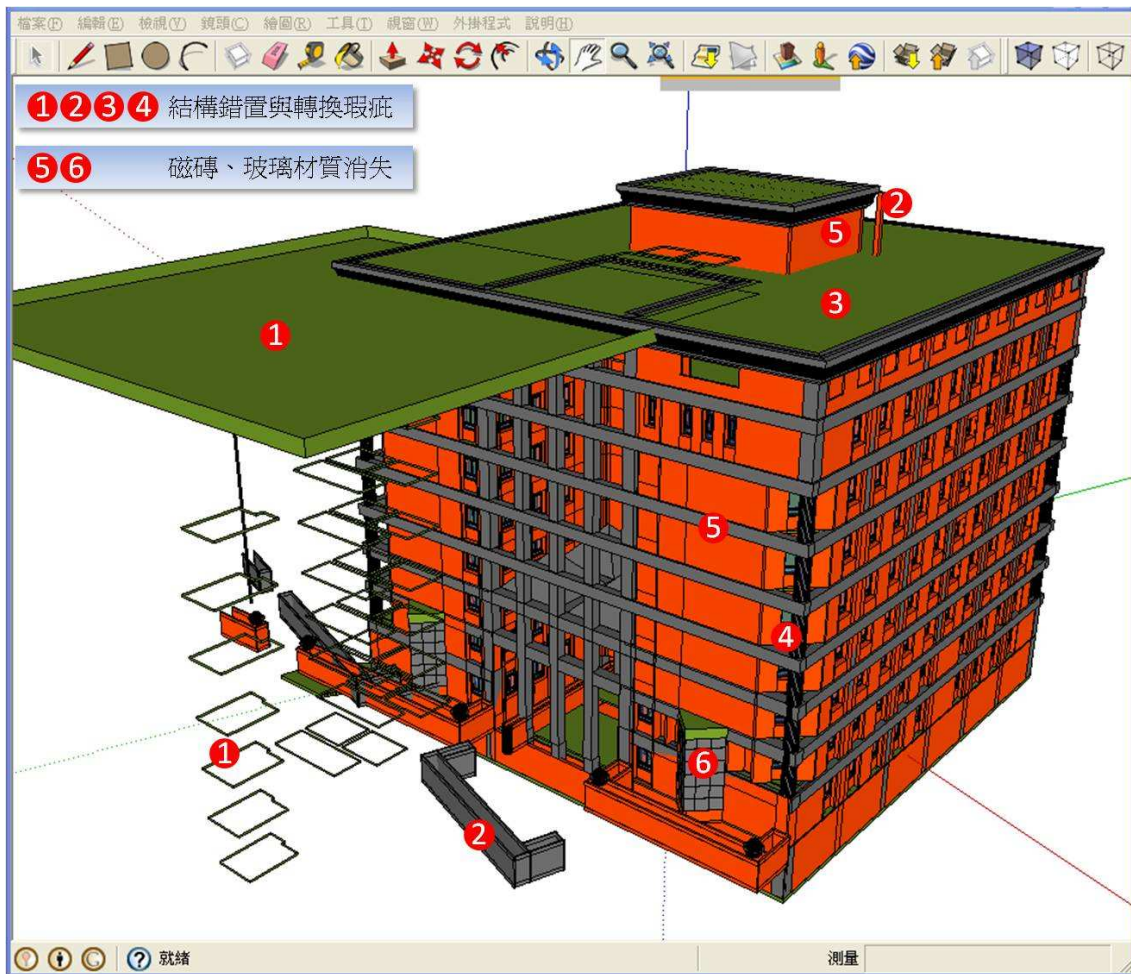


圖 5.1 IFC 檔案匯入至 SketchUp 呈現結果

## 5.2 DWG 格式轉換

由前述將 Revit Architecture 建置之三維模型匯出 IFC 標準後再匯入至 SketchUp，此方式如以本文為例，由 IFC2SKP 程式將檔案匯入之過程需花費約 40 分鐘，而模型本身仍然需要再做適當的修改與材質貼面，才能作為後續更多的延伸與應用。因此本文嘗試直接由 Revit Architecture 匯出 DWG 檔案後再匯入 SketchUp，由於 SketchUp 直接支援 DWG 檔的匯入，因此匯入的時間也大幅縮短為 5 分鐘。雖然模型的貼面材質同樣未能順利匯入，但模型的整體結構仍然保持相當的完好，也未有組件發生錯置的情形（如圖 5.2），圓柱體也沒有被分割的現象產生，相較於以 IFC 標準作為中繼檔轉換的模式而言，以 DWG 格式直接進行匯出及匯入的方式，不僅在時間上可以更快速並且也大幅減少模型結構在轉換時產生錯誤，而且不需額外刪除錯誤的材質色彩，後續只要直接新增材質貼面就可作為 LOD4 以上模型的應用。



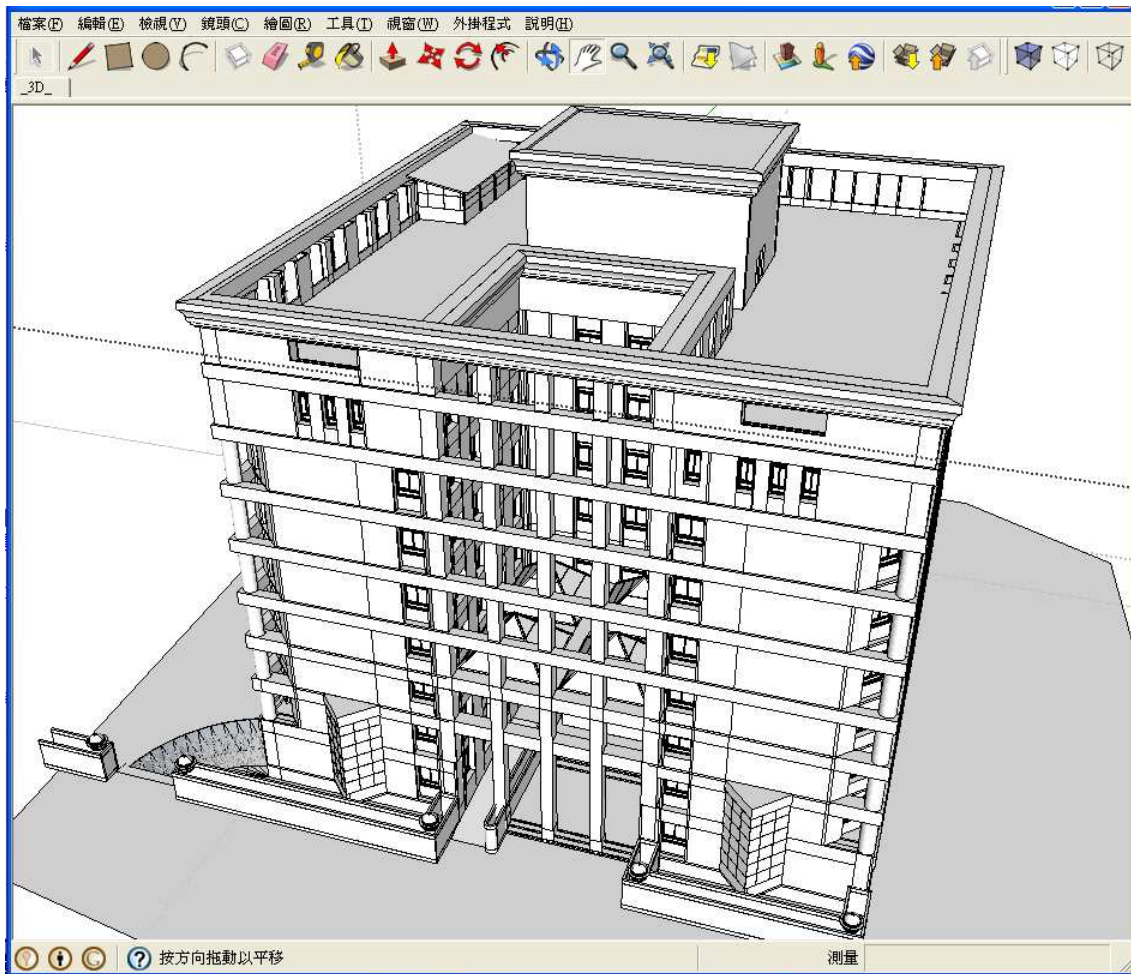


圖 5.2 DWG 格式匯入至 SketchUp 呈現結果

### 5.3 3D GIS 整合

前述所介紹之 PilotGaea Express 雖然支援多種三維格式如：skp、x 及 3ds，但對於 skp 與 3ds 格式的匯入仍有較多的相容性限制，因此若無法順利匯入時可嘗試轉換成其他支援格式再匯入。

為增加在 3D 模式時的瀏覽狀態速度及效能，系統會自動判斷將視角較近的物件及資訊以較高的解析度呈現，相反地，若距離視線較遠的資訊則會以較低的解析度呈現來增加運算效能，雖然此方式有助於瀏覽時的流暢性，但若要觀看模型物件各個細部資訊，則需要不斷的調整視角才能得到較好的細部資訊。當三維模型成功定位後，即可使用 PilotGaea Express 內建工具進行簡單的測量分析功能(如圖 5.3 所示)。

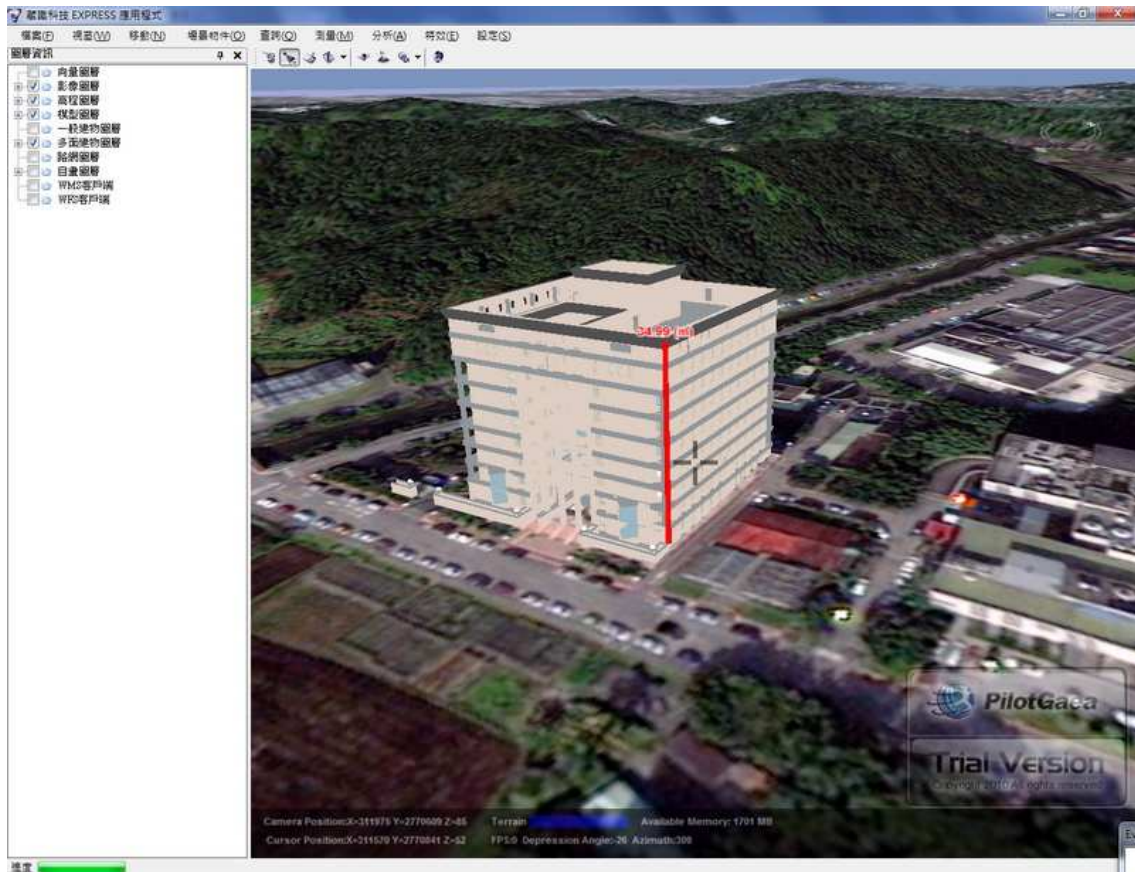


圖 5.3 PilotGaea Express 3D GIS 可進行測量分析及模擬等功能

## 六、結論與建議

本文以 PilotGaea Express 作為整合 BIM 與 GIS 兩大系統的 3D GIS 平台，然而其各自擁有獨立的資料格式及標準，故若要使 BIM 的模型資料能夠匯入至 PilotGaea Express 3D GIS 平台中呈現，可藉由 PilotGaea Express 與 Google SketchUp 這些資料格式具有較佳的相容性的平台，並以 Google SketchUp 作為三維模型資料轉換的軟體。本文將 Autodesk Revit Architecture 繪製完成之模型透過不同方式轉換至 Google SketchUp 中，並將三維模型轉換及資訊整合的結果彙整如下：

1. 本文將模型以 Revit Architecture 匯出 IFC 標準，再由 IFC2SKP 外掛程式匯入至 SketchUp，模型所呈現的外觀與原始設計之模型明顯不同，在轉換後產生許多結構組件的錯置以及貼面材質的消失。
2. 本文嘗試以 DWG 格式作為中繼轉換檔，將模型以 Revit Architecture 匯出 DWG 格式後匯入 SketchUp，此方式與上述以 IFC 作為轉換標準，相較之下可大幅縮短約 8 倍的資料轉換時間，並且可明顯降低在模型結構上轉換時所產生的錯誤，然而貼面材質無法同時轉換較為可惜。
3. 前述模型以 Revit Architecture 匯出 IFC 標準，再匯入 SketchUp 後所產生的各種問題，可能為 IFC 標準套用於某些軟體時因軟體既有的參數、欄位等，增加了部份 IFC 所沒有的參數，因此若再匯入支援 IFC 標準的軟體後，自然就可能產生部份錯誤或問題。
4. 雖然三維模型能夠轉換成不同的資料格式與標準，但轉換過程中可能因格式制訂的標準及屬性訂定的差異等有所不同，造成轉換後的三維模型呈現也有所不

同，因此轉換後的模型仍然需要經過適當的修改，再匯入至 3D GIS 進行模型的座標定位。而 PilotGaea Express 3D GIS 平台為了有更流暢的畫面呈現效果，自動降低調整三維空間遠處景觀的解析度，使得原本較為細緻的模型產生模糊的現象。

## 七、參考文獻