

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

3D 列印輔助建物維護

Using 3D Printing to Assist Building Maintenance and Preservation

作者：陳旻泓、蔡建廷

系級：資訊工程學系四甲

學號：D0224718、D0030165

開課老師：楊東麟 教授

課程名稱：專題研究(二)

開課系所：資訊工程學系

開課學年：104 學年度 第一學期



誌謝

首先，很榮幸讓楊東麟教授指導我們的專題，不只是在學術專業上，在報告的撰寫上也學到了很多，在製作過程有疑惑時也能給我們適時的建議，並且在討論後能夠更有效的改進我們的實作過程。這個專題結合了很多其他的領域，也學習了很多不同的東西，感謝老師讓我們有機會接觸到不同的領域去創造資訊更多的可能。



摘要

近年來 3D 列印的急速發展，在製造業、醫學用途上皆有很多應用。3D 列印可以使用多種材料，從目前最普遍的塑膠材質到工業用的金屬材質皆有。既然 3D 列印在許多方面都有不同的應用，我們便思考如果能在建築方面結合建築資訊模型 BIM (Building Information Modeling) 做出 3D 模型，使建築師在繪圖後可以利用模型展示整體的結構和檢視建築物的實體空間，或者是讓建築工人利用 3D 列印將所需要的建物元件實際用在建築物的建造上，使得在建造上更快速有效率，未來還可以很容易的利用元件的資訊或 3D 列印來修補和維護建築物。

我們參考台灣潤泰集團的預鑄工法，先在工廠預鑄大小樑柱、樓板等，保留了建築結構接合的部分不進行預鑄，再到工地現場打設混凝土和進行組裝，這種分工合作的方式可以縮短大量的工時，能夠提高效率、品質和不受工地氣候的影響。所以我們希望根據此工法的流程與 3D 列印技術結合，能進一步將建造房屋的時程縮短，減少人力和成本，降低工業所造成的環境汙染。透過這樣的建造模式，更有利於建物的保養和維護，所以我們發展一個使用 3D 列印來輔助建物維護的資訊系統，以現有建築物所需的維護資訊建構參考雛型。

在本專題中，我們以古老的三合院建築為例，在構圖時將所需的物件結構化及參數化，把所需的建築物件之長、寬、深及使用的材質都記錄於資料表中，未來需要維修或是修復重建時，可從資料表選取材料再利用 3D 列印修復的元件。如果無法以 3D 列印修復時，也可提供建物的結構數據和材質資料，進行傳統工法的修復。希望我們的雛型系統可以提供維護建物或古蹟的參考，提醒相關政府單位即時建立古蹟的建築資訊，為維護古建築物盡棉薄之力。

關鍵字：3D 列印、3D 建模、建築資訊模型、三合院、建物維護

Abstract

In recent years, there is a lot of research on 3D printing using various materials like plastic, metal, ceramic, etc. Since this technology has been used successfully in manufacture and medical industries, we can integrate the technologies of 3D printing and Building Information Model (BIM) to generate 3D models for construction applications. 3D printing not only enables architects and construction engineers to show and visualize their building designs, but also provides components production for building construction. Combining with the computerized information, 3D printing can also be used for building maintenance and preservation.

We consult the precast construction method of Ruentex Group in Taiwan, where a prefabricated building is mostly constructed by factory-built components or units that are assembled on-site. The prefab house approach reduces construction cost and time with better quality and efficiency. Applying 3D printing to work with the process of precast construction can further improve the labor cost and reduce environment impact on the construction site and components manufacture facility. It also makes the maintenance and repairs more efficient. Therefore, we develop an information system that uses 3D printing and building information to assist building maintenance and preservation.

In this project, we use the main hall of a San Ho Yuan (三合院) as an example to build a prototype system. The San Ho Yuan contains a courtyard where the main hall in the middle has wings on both sides. In our design process, first, we need to analyze the structure of the main hall and parameterize our 3D model. Then, we measure the building's length, height, and depth along with the dimensions of each room including the windows and doors. We also record the used material as well as the shape and sculpture. If there is a need to repair or rebuild the building in the future, we can use 3D printing with the recorded data to do the job. If 3D printing does not work, we can still use traditional approaches to make the maintenance more efficiently with the assistance of our system. In addition to regular buildings, we hope to use our prototype system to help maintain and restore historical buildings and monuments. It is the least we can do to help government taking responsibility for the maintenance and restoration of ancient architectures with cultural heritage.

Keywords : 3D printing 、 3D model 、 Building Information Model 、 San Ho Yuan 、 Building maintenance

目錄

誌謝.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vii
表目錄.....	x
第一章 導論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究範圍及可行性分析.....	2
第二章 系統開發環境.....	5
2.1 系統環境介紹.....	5
2.1.1 軟體需求.....	5
2.1.2 硬體需求.....	5
2.2 建築資訊模型簡介.....	6
2.2.1 BIM 簡介.....	6
2.2.2 BIM 的使用發展及優點.....	6
2.3 3D 列印技術介紹.....	7
2.3.1 3D 列印成型的分類.....	8
2.3.2 3D 列印軟體使用說明.....	9
2.3.3 3D 列印軟體設備.....	10
2.3.4 印製材料.....	11
第三章 系統分析與設計.....	12
3.1 輔助建物修護流程.....	12

3.1.1 系統架構.....	12
3.1.2 網站架構.....	13
3.1.3 使用者需求案例.....	13
3.2 建築元件資訊分析與紀錄.....	15
3.3 3D 繪圖元件模型.....	18
3.4 網站設計說明.....	20
第四章 系統實作.....	24
4.1 作業程序.....	24
4.2 實地勘查與建物解析.....	26
4.2.1 建物尺寸量測.....	26
4.2.2 整體建築範圍量測.....	27
4.3 特殊花紋與細節檢視.....	27
4.4 材質分類與模型導入.....	29
4.5 3D 繪圖與成品展示.....	30
4.5.1 3D 繪圖說明.....	30
第五章 成果展示.....	35
5.1 網站展示.....	35
5.2 3D 列印模型展示.....	43
5.2.1 3D 模型圖.....	43
5.2.2 列印成品展示.....	45
第六章 結論與未來展望.....	49
6.1 結論.....	49
6.2 未來展望.....	49
6.3 困難與解決.....	50
6.4 心得感想.....	50
6.5 工作分配.....	52

參考資料.....	53
附錄.....	54
附錄一_外部物件表.....	54
附錄二_內部物件表.....	60
附錄三_建築材質表.....	62

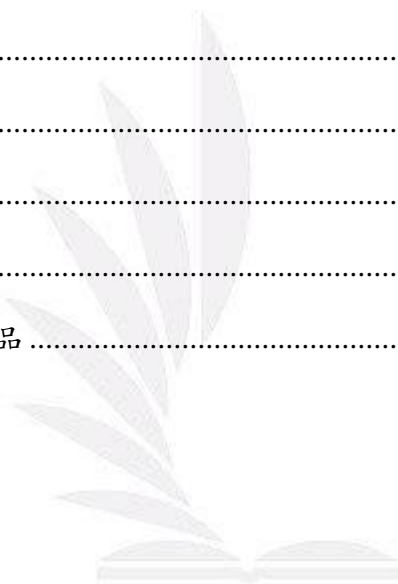


圖目錄

圖 1.1 建築物的生命週期示意圖.....	2
圖 1.2 BIM 結合 3D 修復概念圖	3
圖 1.3 BIM 結合 3D 列印概念	4
圖 2.1 BIM 應用實例(1).....	7
圖 2.2 BIM 應用實例(2)	7
圖 2.3 立體模型進程示意圖.....	8
圖 2.4 Cura 軟體介面圖	10
圖 2.5 3D 列印線材.....	11
圖 3.1 建物系統修護流程.....	12
圖 3.2 系統開發程序.....	12
圖 3.3 網站架構圖.....	13
圖 3.4 一般使用者 Use Case Diagram.....	13
圖 3.5 仿造者 Use Case Diagram.....	14
圖 3.6 資料查詢者 Use Case Diagram.....	14
圖 3.7 管理員 Use Case Diagram.....	14
圖 3.8 物件表概要.....	15
圖 3.9 建築物外部元件分析.....	17
圖 3.10 建築物內部元件分析.....	17
圖 3.11 Dreamweaver 使用者介面	20
圖 3.12 XAMPP 使用者介面.....	21
圖 3.13 phpMyAdmin 介面.....	21
圖 3.14 定義網站.....	22
圖 3.15 資料集繫結面板.....	22

圖 3.16 Dreamweaver 屬性面板.....	23
圖 3.17 常用工具.....	23
圖 4.1 系統實作程序.....	25
圖 4.2 整體房屋格局.....	27
圖 4.3 屋簷細節.....	27
圖 4.4 房屋兩側特殊雕刻.....	28
圖 4.5 軟體修圖.....	28
圖 4.6 材質導入地板模型中.....	29
圖 4.7 材質導入外牆.....	29
圖 4.8 使用者介面.....	30
圖 4.9 命令面板.....	31
圖 4.10 繪圖畫面.....	31
圖 4.11 材質編輯器.....	32
圖 4.12 動畫製作介面圖.....	34
圖 4.13 動畫播放控制區.....	34
圖 5.1 網站首頁.....	35
圖 5.2 簡介頁面.....	35
圖 5.3 3D 列印簡介頁面.....	36
圖 5.4 系統實作頁面.....	36
圖 5.5 相簿流程圖.....	37
圖 5.6 相簿首頁.....	38
圖 5.7 管理者登入頁面.....	38
圖 5.8 新增相簿、照片頁面.....	39
圖 5.9 相簿資料庫內容.....	40
圖 5.10 圖片資料庫內容.....	40
圖 5.11 影片導覽頁面.....	41

圖 5.12 研究成員頁面.....	41
圖 5.13 常見問題頁面.....	42
圖 5.14 建物物件表.....	42
圖 5.15 3D 模型正面全景.....	43
圖 5.16 3D 模型前門走廊.....	43
圖 5.17 3D 模型俯視角.....	44
圖 5.18 3D 模型後門.....	44
圖 5.19 3D 模型 45 度角側面全景.....	45
圖 5.20 模型元件(屋頂).....	45
圖 5.21 模型元件(1).....	46
圖 5.22 模型元件(2).....	46
圖 5.23 模型組合-俯視.....	47
圖 5.24 模型組合-正面.....	47
圖 5.25 模型組合-完成作品.....	48



表目錄

表 2.1 軟體需求表.....	5
表 2.2 BIM 的定義.....	6
表 2.3 Cura 軟體設定.....	9
表 2.4 Ultimaker 硬體設備.....	11
表 3.1 Architecture Element Outside 資料表.....	16
表 3.2 Architecture Element Inside 資料表.....	16
表 3.3 Build Material 資料表.....	16
表 3.4 3D 繪圖元件模型.....	18
表 4.1 建物相關尺寸數據.....	26
表 4.2 工具列的工具介紹.....	33
表 4.3 參數設定工具.....	33
表 5.1 相簿資料表.....	39
表 5.2 圖片資料表.....	40



第一章 導論

1.1 研究動機

從古至今人類的居住依環境及文化的不同興建了許多不同功能性的建築甚至賦予文化意義的建築物。因為台灣位於環太平洋地震帶及西太平洋多發颱風的路徑上，時常發生地震及颱風，造成許多的天災，使得建築物時常有破損甚至是毀壞，所以期望利用資訊科技將建築物的相關資訊保存於資料表中，讓建物受到破壞後易於進行修補及維護。

我們期望利用現代的科技技術將傳統文化完整保存，利用此種資訊科技與傳統建物的結合，是一種跨時代及跨領域的研究案例。在傳統的修復工法上，無非是修補、分解和組合，而這些過程繁雜僅能靠師傅的經驗去維護。所以我們結合建築資訊模型(BIM: Building Information Modeling)的導入，加上本體論概念和3D 建物模型技術的協助，使得整個建築的修復過程更為流暢，且在看不見的細節中能更加有效的修復及注意，幫助建築物的完善保存、整修或重建。

1.2 研究目的

(1).利用本體論概念和 3D 建模工具記錄建物的古老樣式及古老建材資料，且利用此研究所產生的新法去繼承舊有傳統文化的方式，加上科技的優勢能夠儲存並且整合工程團隊間彼此之工程資料及管理相關資訊。

(2).了解建物工法，並將相關數據參數化儲存於資料表中在未來可以對建物的結構更加了解，在維護上能更有效的保存舊有文化，並能夠更有效率的完成維護古建築物的工作，成為文化教育和傳承的助力。

(3).藉由 3D 繪圖模擬建物原貌，並將建物參數儲存於模型中結合建築與資訊不同領域的研究，透過兩者的合作讓建築物得以有效保留、修復。

1.3 研究範圍及可行性分析

使用建築資訊模型技術(BIM)，用於建築設計中具有劃時代的意義，其改變傳統 2D 設計流程，改用 3D 參數化及物件化的整合方式，及視覺化的方式來呈現建築物生命週期 (Building Lifecycle)。

如圖 1.1 所示，在建築物生命週期中，各階段資訊繁雜且互有關連性，並與設施使用功能息息相關，但在傳統的管理系統模式中，缺乏完善的資料建檔，導致建物或設施相關文件遺失或是毀損，而影響建築物的相關維護作業。



圖 1.1 建築物的生命週期示意圖

因此，本研究案例使用現代科技將實體建築物用編碼的方式轉化收錄，並且在收集過程中不斷加強資料的質與量，以更加擬真實體的保存方式為目標。然而建築資訊模組可以在建築過程中與建築計畫的資料表作全面的連結與數位格式資訊的交換，是一種 3D 建築軟體整合概念與實際的解決方案，亦是一種在建築建築設計與施工管理的創新做法，它可以使建築設計和施工中的專案上，互相協調，且保持內部的一致性。

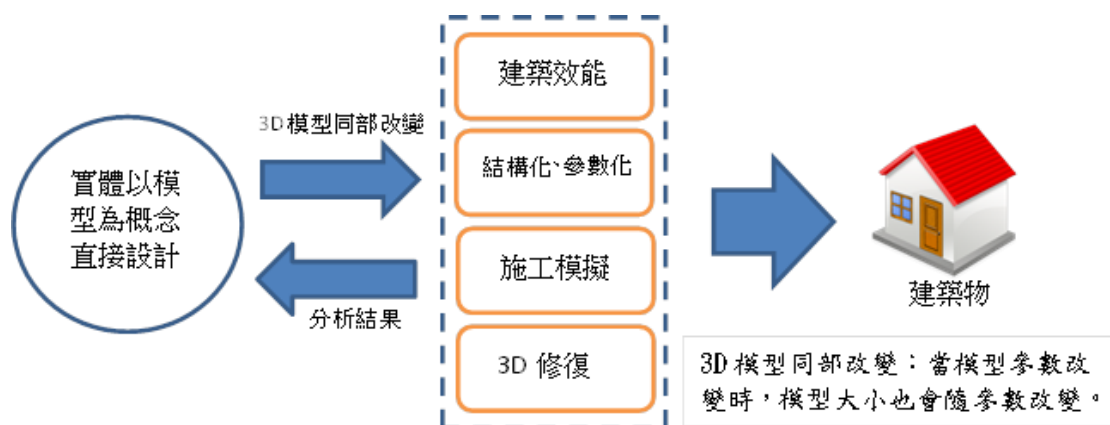


圖 1.2 BIM 結合 3D 修復概念圖

早期的建築物多是用手繪的方式或是 2D 平面圖來畫出建物藍圖，再藉由工地師傅們的經驗來建造及修復，這對於重現建物來說有著非常大的風險，因為藍圖容易毀損、遺失，且包含的建築物資訊並不完善。因此藉由 BIM 將建物資訊以數位方式做保存，且因為將所有資訊做標記所以能夠完美呈現建物資訊，有助於本系統完成建物維護的輔助，如圖 1.2 所示。

可行性方面，在首次繪圖的同時我們可以將所需的門、窗或是客製化的建物一同紀錄於資料表中，且可以依照自己的需要建立自己所需的物件，在下次需要類似物件時可以從資料表中了解我們所需的建物。由於製作模型的時間性以及複雜性較一般構圖來得高，所以主要針對的是舊有保存價值的古蹟或是較有特色的建築物，目的為將來修繕建物能夠方便且精準。

雖然在本研究是以古建築、古蹟為發想，但在未來我們可以不斷增加資料表內容和建物的群組，精進之後系統的範圍及可行性，就能使用在大部分的建築上。而且 3D 列印的技術日益精進，如圖 1.3 所示的元件列印，可以快速地提供所需的建材。相信未來能夠在各個建築領域普及，不僅僅是古蹟、寺廟建築，也能夠推展到一般建築。除了有助於將來有效率的修復，亦能對於尚未建造的建築結構體做實體的分析，所以功能上不只有修繕、更有增加建築體的設計以及結構分析的優點。

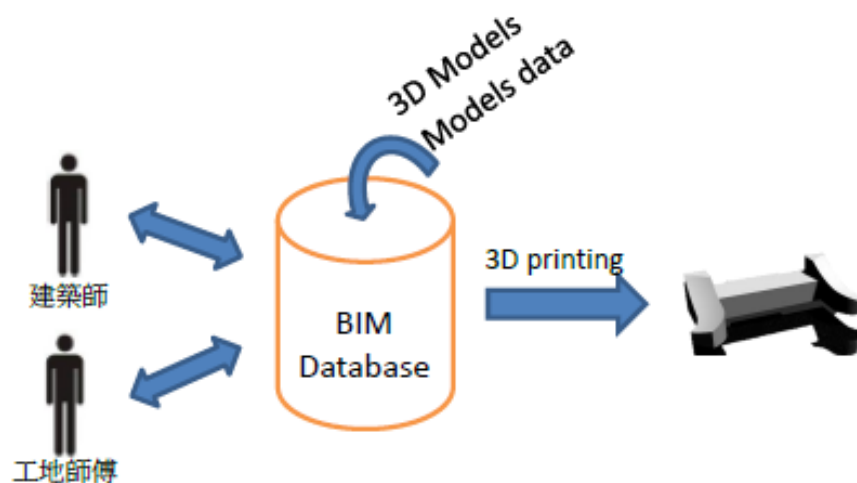


圖 1.3 BIM 結合 3D 列印概念



第二章 系統開發環境

2.1 系統環境介紹

2.1.1 軟體需求

表 2.1 軟體需求表

	軟硬體名稱	用途
繪圖軟體	Autodesk 3Ds MAX	繪製 3D 模型(Model)
	Autodesk AutoCAD	繪製 2D 平面空間圖 輸出三視圖、剖面圖
圖片剪裁	Photoshop	對照片做圖片處理的動作
網頁製作	Dreamweaver	網頁製作
	xampp	提供網頁一個虛擬伺服器與資料庫
文書處理	EXCEL	整理資料成表格式樣式
	WORD	專題報告製作
模型印製	Cura	模型輸出
	3D 列印機	

2.1.2 硬體需求

- (1). Microsoft® Windows® 7 Professional operating system。
- (2). Microsoft® Windows® XP Professional operating system (SP3 或更高)
- (3). Intel® Pentium® 4 1.4 GHz 或同等 AMD® processor with SSE2。
- (4). 4 GB RAM (建議 8 GB)、4 GB 置換空間(建議 8 GB)、3 GB 磁碟空間。
- (5). Direct3D® 10 technology，Direct3D 9 支援 OpenGL 的顯示卡，512MB。
- (6). 512 MB or higher video card memory (建議 1 GB 以上)。
- (7). 三鍵滑鼠 (含滑鼠驅動程式軟體)。

2.2 建築資訊模型簡介

2.2.1 BIM 簡介

表 2.2 BIM 的定義

廣義	以單一資料庫的觀念，用「3D 建築資訊模型」為基礎發展出的各種加值應用，目的在協助優化整個建築物之生命週期管理。
狹義	建築資訊模型(BIM)應包含建築模型的幾何外觀、空間關係、地理資訊、數量、物理性質、並可作分析，即建築資訊模型化(BIM)=3D 建築模型+資訊化。

建築資訊模型(BIM)是由完全和充足資訊構成以支援生命週期管理，並可由電腦應用程式直接解釋的建築或建築工程資訊模型，如表 2.2。

建築物在設計和建造過程中，建立和使用的"可計算數位資訊"。這些數位資訊能夠被系統自動管理，使得這些數位資訊所計算出來的各種檔案，自動地具有彼此吻合、一致的特性。可以將 BIM 視為參數化的建築 3D 幾何模型，在這個模型中，所有的建物元件包含的資訊，除了幾何外，同時擁有建築或工程的資料。這些資料提供系統計算的依據，使程式能夠將這些資料，自動計算出使用者所需要的資訊。

2.2.2 BIM 的使用發展及優點

如圖 2.1，當一棟大樓發現滲漏情況，第一步可能不是查找整棟大樓，而是在建築資訊模型中尋找位於可疑地點的位置。他並且能夠依據電腦儲存的資料與計算能力，獲得閥門的零件號碼、規格與製造商和其它在過去曾被研究過的資訊，針對毀損的地方進行維護。

使用資訊模型的人士期望這樣的技術，可以在設計、建築物業主/經營者、承造者間建立溝通的管道，提供工程專案之間所需的相關資訊。而提供準確資訊的方法是藉由工程的各個參與者在負責執行工作的期間，就其擁有的資訊，對這個建築資訊模型的資料進行增添和參考，如在檢料、估價時，如圖 2.2。

現況：經驗，眼力與運氣



BIM：所見即得

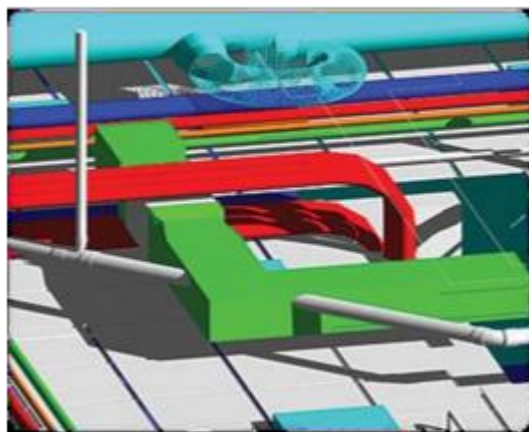


圖 2.1 BIM 應用實例(1)¹

現況：複雜、效率差



BIM：模型數量、產生自訂報表

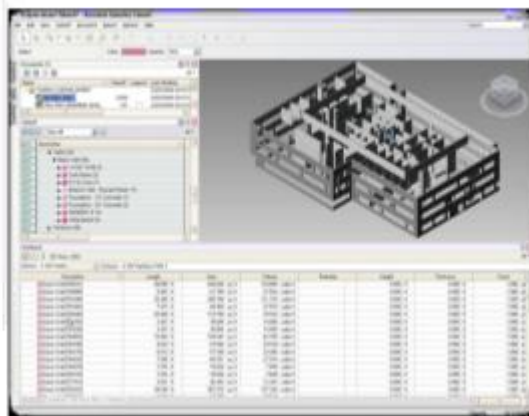


圖 2.2 BIM 應用實例(2)²

2.3 3D 列印技術介紹

3D 列印，又稱增量製造（Additive Manufacturing，AM），是一個透過不斷添加的過程，在電腦控制下以層層堆疊的方式在原材料往上列印。3D 列印的內容來自於三維模型或其他電子資料，其列印出的三維物體可以擁有任何形狀和幾何特徵。

3D 列印的原理類似於將印出來的紙張層層堆疊，便能產生立體 3 維的形狀。3D 列印便是將目前的印表機墨水換成噴頭能夠射出後即可硬化固定的材

¹陳育聰，淺談 BIM，2014 歐特克教育高峰會，第 12 頁

²陳育聰，淺談 BIM，2014 歐特克教育高峰會，第 14 頁

質，再把噴頭從原本的二維移動（噴墨頭左右移動視為 X 軸、紙張饋紙視為 Y 軸），加入噴墨頭高度的 Z 軸使機器能夠上下移動，即為目前 3D 印表機的基礎原理。

2.3.1 3D 列印成型的分類

科技的進步下 3D 列印的成型技術越來越多元(如：FDM（熔融沉積成型）、LOM（層狀物體製造）、DLP（數位光處理）、SLA（立體平板印刷）)等多種不同的成型技術，我們在此研究中是利用 FDM（熔融沉積成型）來完成本次的研究成果，以下將說明此種成型技術。

熔融沉積成型（Fused Deposition Modeling，FDM）包括：(1).將使用的材料加熱到機器設定的溫度後，材料成半熔融狀態，(2).將材料擠出於平面的架上後迅速冷卻凝固，重覆進行堆疊作業，即可印出立體物件。

FDM 技術工法的關鍵便是保持材料的半流動性狀態，不同性質的塑料將會因各自對溫度不同的反應而沒有固定的熔點，因此會在開始進行 3D 列印之前須依照特定塑料的熔點溫度進行精確的參數設定調整，然後進行切層分析。在某些較高階的機種可藉由多個出膠噴頭，配合多種列印材料（不同顏色或材質），列印出彩色合體成型物件，也可將懸空列印所需要的「支撐部分」與「成型部分」分開，由於支撐材料只是提供列印中的模型避免堆疊過程中受重量影響而倒塌，因此強度不需太高，以方便移除為主。

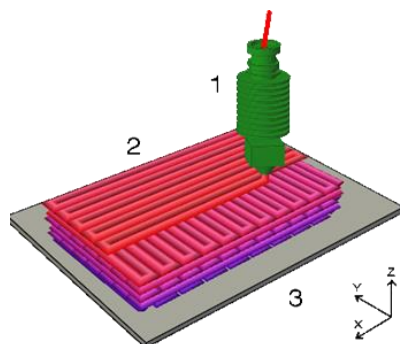


圖 2.3 立體模型進程示意圖³

³ 3D 列印機-初學入門指南 第四章：3D 列印成型工藝

圖 2.3 是 FDM 成型技術工藝生成 3D 物體模型進程的示意圖，其中：

- (1). 熔化的塑料從噴嘴擠出。
- (2). 已擠出塗印的塑料。
- (3). 依 3D 座標進行 XYZ 三軸移動的底座平台

2.3.2 3D 列印軟體使用說明

Cura 為 Ultimaker 公司所提供的 3D 列印軟體，以"高度整合性"及"容易使用"為設計目標。包含了所有 3D 列印需要的功能，有模型切片以及印表機控制兩大部分。提供模型輸出 gcode 檔案讓 3D 列印機能夠讀取檔案列印。

在模型印製前我們必須針對不同的塑料進行熔點的設定及一些特殊需求，如表 2.3 為此專題所使用的介面對元件列印時所設定的參數，在開啟軟體介面後位於左方的功能表提供我們所需的設定表單，我們可以利用它來選擇或輸入我們對元件設定的參數，如圖 2.4。

表 2.3 Cura 軟體設定

選項	說明
Layer height (mm) 層高	預設
Shell thickness (mm) 側面殼厚	預設
Enable retraction 啟動倒抽	防止列印完畢後，噴頭溫度尚未冷卻而擠出塑料，可依個人需求
Bottom/Top thickness (mm) 封頂/封底 殼層厚度	最上層及最底層的厚度可以增加模型強度
Fill Density (%) 內部填充百分比	模型內部的填充率，設定為 20%即可支撐模型的結構，可依個人喜好強度調整。
print speed(mm/s) 列印速度	建議為 70(/mm/s)
Printing temperature (c) 加熱頭溫度	提供溫度將塑料溶解以利機器擠出塑型，一般 PLA 材質建議溫度為 215°C 至 220°C。

Support Type 支撐型態	當模型有中空時可以選擇支架，方便印製時避免模型倒塌。
Platform adhesion type 最底層與工作臺黏合的型態	增強模型印製時的穩定度
Diameter (mm) 線材直徑	輸出線材的直徑，依機器提供的線徑作為選擇
Flow (%) 擠出量微調	預設

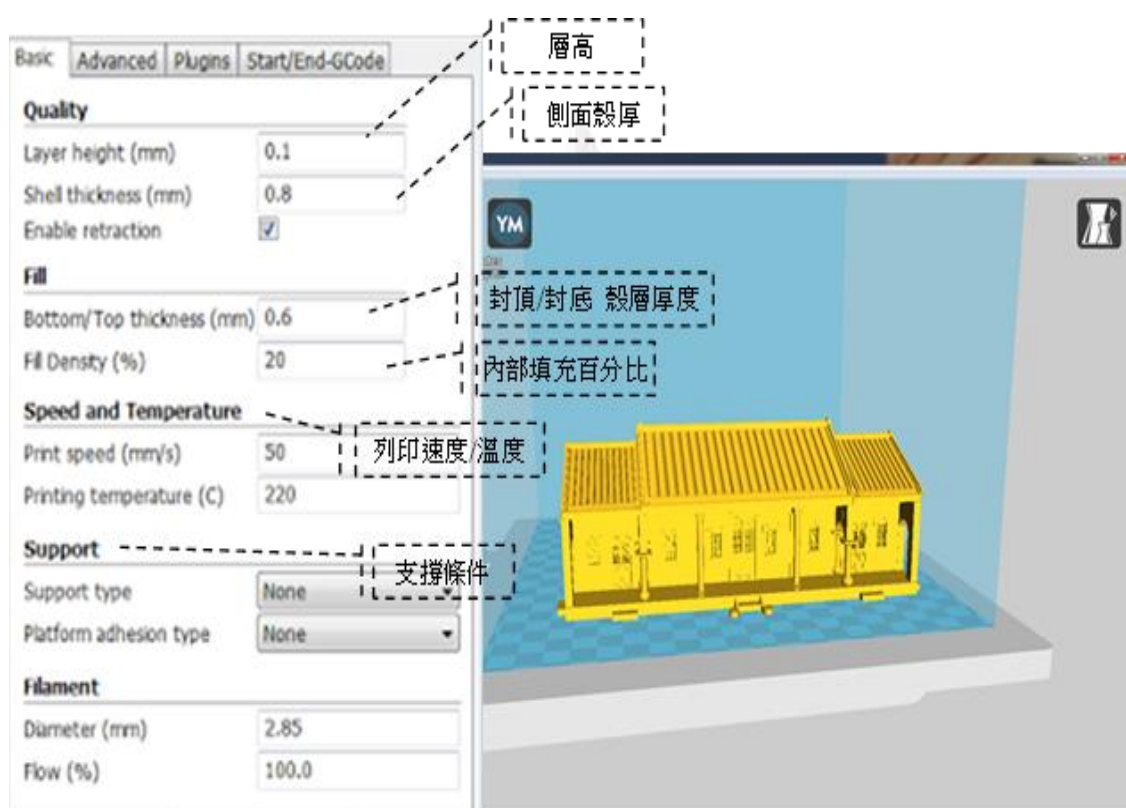



圖 2.4 Cura 軟體介面圖

2.3.3 3D 列印軟體設備

Ultimaker，為 FDM 成型技術，噴頭口徑是 0.4mm，模型成形範圍 210*210*205mm，適用材料為 3mmPLA 材料，採齒輪擠壓式進料，如表 2.4。

表 2.4 Ultimaker 硬體設備

列印體積	210 x 210 x 205 mm	
列印平台	有加熱板 (到 100°C)	
支援線材	PLA/ABS	
噴頭配置	單噴頭	
定位精度	X/Y: 12.5 micron; Z: 5 micron	
外型尺寸	357 x 342 x 388 mm	
最高列印速度	300 mm/s	
最小列印層厚	20 micron	

2.3.4 印製材料

在本專題中我們採用 PLA 材質的白色塑料當作此次的列印材料，因為白色方便我們上色，再上色的部份我們選擇噴漆和貼圖二種方式，最後即可呈現出建築的樣貌。以下我們將針對此種材料加以說明。

聚乳酸(Poly Lactic Acid, 簡稱 PLA), 又稱玉米澱粉樹脂。來源於玉米、甜菜、小麥、甘薯等澱粉或醱份等, 經由發酵、去水、聚合等過程製造而成且無毒性, 在製造過程中並不會產生污染, 如圖 2.5。PLA 為一種綠色的高分子材料, 原料為生物降解材料能夠在自然界中的循環, 但是如果僅儲存於一般的大氣環境下或是倉庫, PLA 是不會進行分解, 只有在(相對濕度 90%以上)具備充足的水氣、氧氣及溫度(58°C ~ 70 °C)才會進行分解。因此 PLA 在未使用時視為一般垃圾處置, 可以自然分解、堆肥或是焚化處理。



圖 2.5 3D 列印線材

第三章 系統分析與設計

3.1 輔助建物修護流程

透過與資料表的結合資訊，我們能利用建築紀錄或是 3D 模型元件兩種進行建築物的修復，此時能透過分類後的 3D 模型進行尋找相關數據進行列印修復(圖 3.1)，如有其他考量也能透過記錄的相關訊息利用傳統工法進行維護。

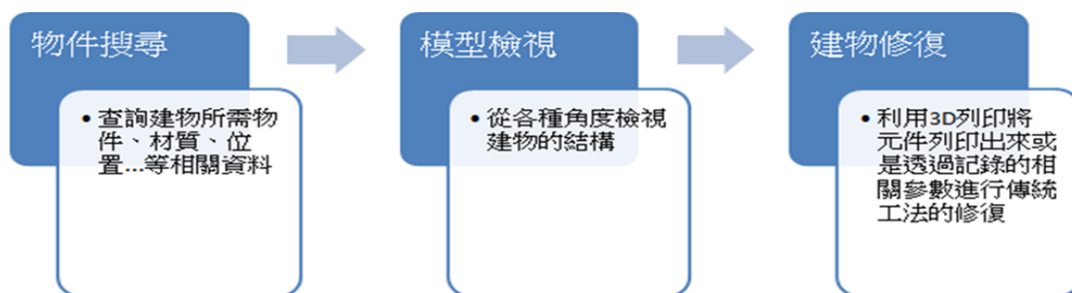


圖 3.1 建物系統修護流程

3.1.1 系統架構

經由 3D 列印呈現出一個建築模型，需要經過以下步驟及處理才能呈現出一個 3D 列印的模型，如圖 3.2 的系統開發程序。網站架構圖則在下一節的圖 3.3。

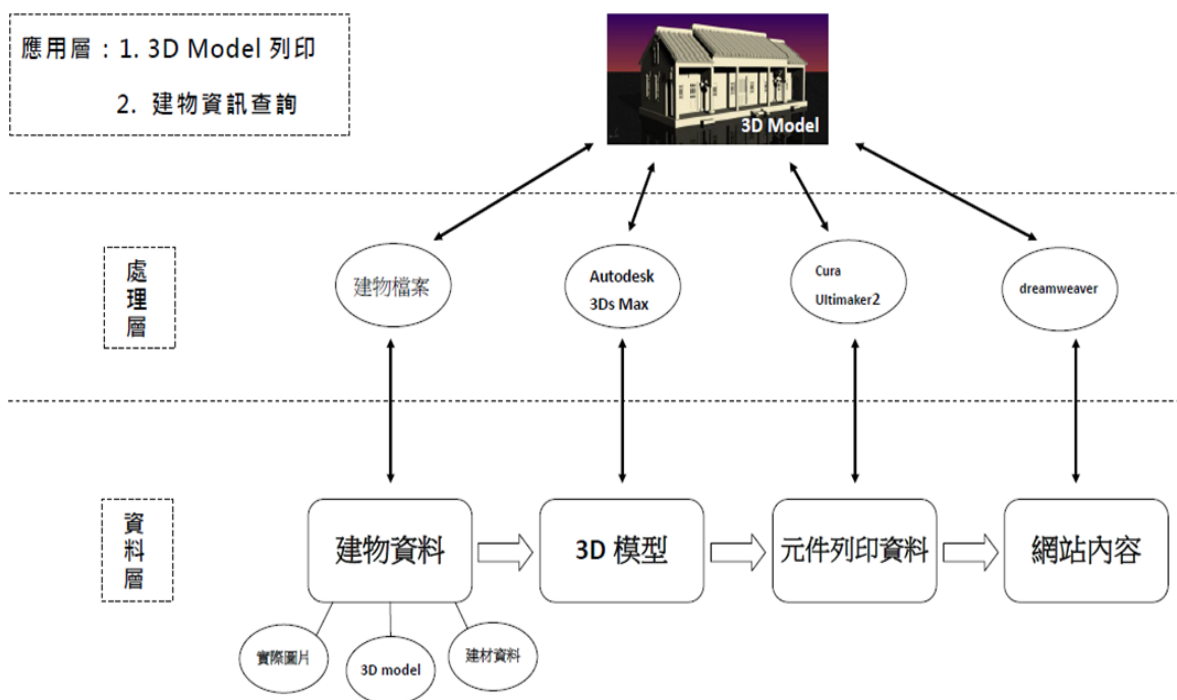
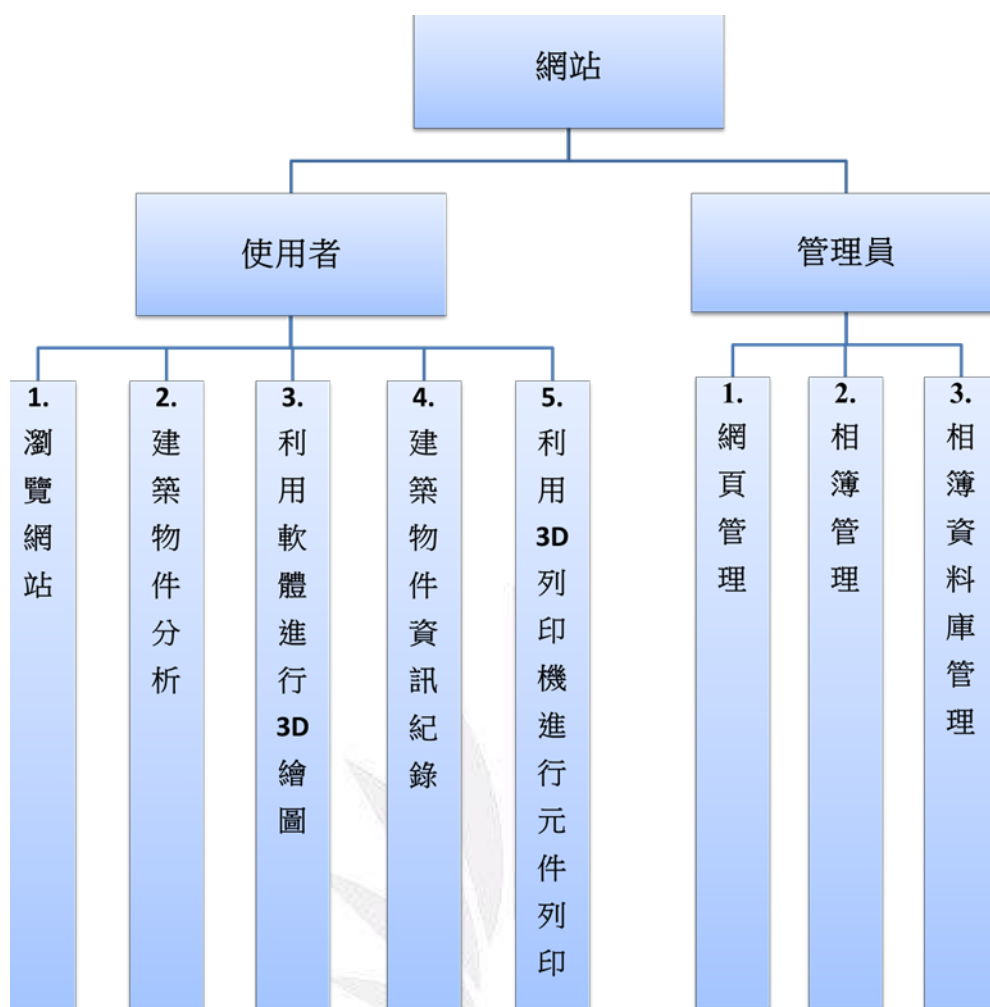


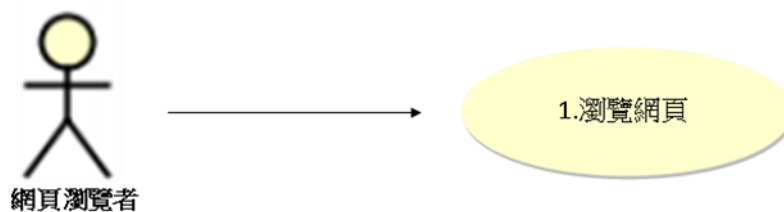
圖 3.2 系統開發程序

3.1.2 網站架構



3.1.3 使用者需求案例

(1) 一般使用者 (圖 3.4)



(2) 仿造使用者 (圖 3.5)

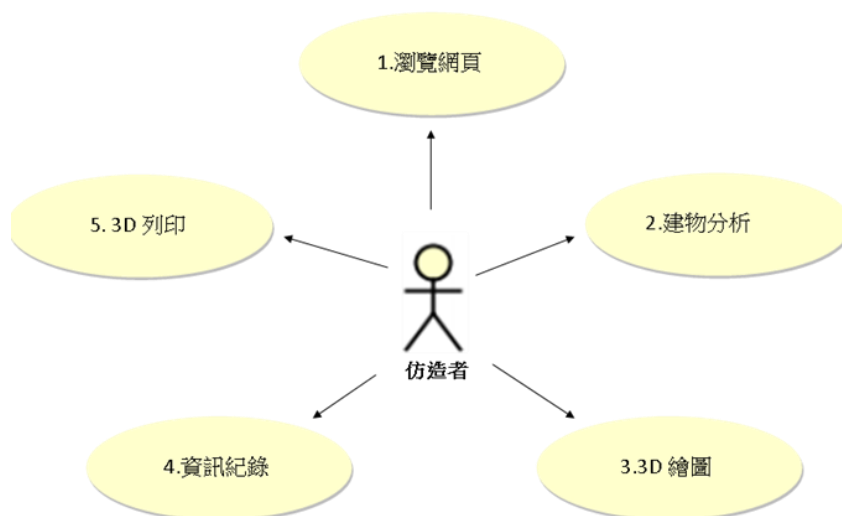


圖 3.5 仿造者 Use Case Diagram

(3) 資料查詢者 (圖 3.6)

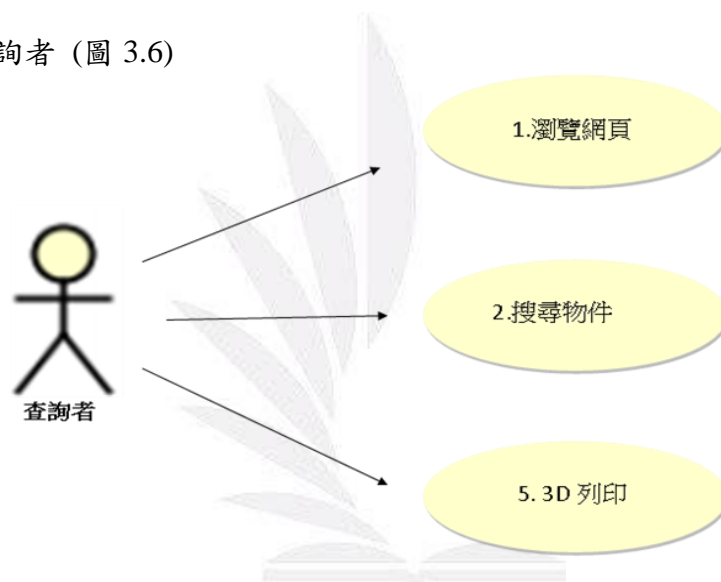


圖 3.6 資料查詢者 Use Case Diagram

(4) 管理員 (圖 3.7)

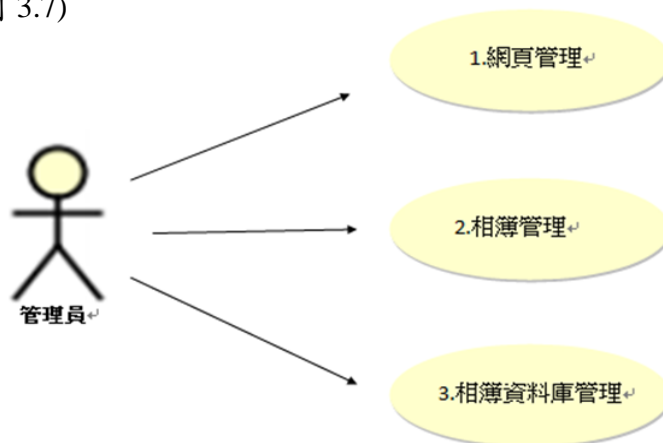


圖 3.7 管理員 Use Case Diagram

3.2 建築元件資訊分析與紀錄

為了有效利用 BIM 的技術及相關數據，所以利用 WBS(工作分解結構)的化繁為簡方法拆解成外部與內部建築元件，並且儲存各元件的詳細資料，詳細內容記錄於附錄中(請參考附錄)，可由規劃時於過程中一併紀錄，將建物的資訊記錄並歸類，以後需要時，提供快速且方便的查詢，亦可使用類似的物件加以修改減少建築物建造所需時間。

在建築物件表中我們大致上分為三類如圖 3.8：

(1).外部物件表 Architecture Element Outside

表 3.1 外部物件表為建築物外部的可視範圍，我們將其建物歸類為外部。

(2).內部物件表 Architecture Element Inside

表 3.2 內部物件表為房屋內部，眼睛無法從建築物外圍觀察得知，我們將其歸類為內部物件。

(3).建築材質表 Build Material

表 3.3 紀錄建築物的相關材質，如地磚等資訊，並在 3D 繪圖時能夠匯入模型中模擬建物原本的樣貌。

Architecture Element Outside

<u>Aeo_id</u>	Aeo_obj	Aeo_addr	Aeo_appearance	Aeo_material
---------------	---------	----------	----------------	--------------

Architecture Element Inside

<u>Aei_id</u>	Aei_obj	Aei_addr	Aei_appearance	Aei_material
---------------	---------	----------	----------------	--------------

Build Material

<u>Material_id</u>	Material_style	Material_color	Material_addr
--------------------	----------------	----------------	---------------

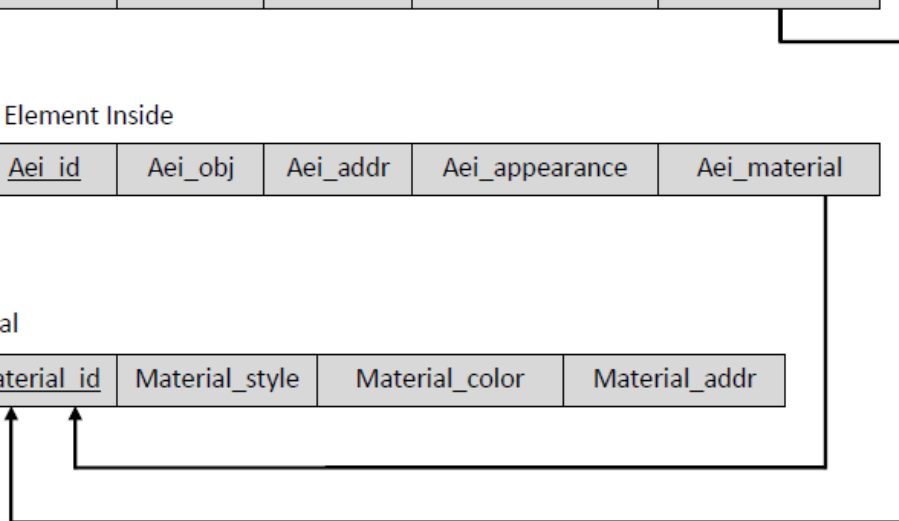


圖 3.8 物件表概要

表 3.1 Architecture Element Outside 資料表

名稱	中文名稱	說明
Aeo_id	外部物件編號	給分類好的物件一個唯一的編號且不會重複
Aeo_obj	外部物件名稱	物件的名稱
Aeo_addr	外部物件位置	建物所置放的位置
Aeo_appearancr	外部物件樣式	建物外觀所看到的樣貌
Aeo_material	外部物件材質	建物所使用到的材質

表 3.2 Architecture Element Inside 資料表

名稱	中文名稱	說明
Aei_id	內部物件編號	給分類好的物件一個唯一的編號且不會重複
Aei_obj	內部物件名稱	物件的名稱
Aei_addr	內部物件位置	建物所置放的位置
Aei_appearancr	內部物件樣式	建物外觀所看到的樣貌
Aei_material	內部物件材質	建物所使用到的材質

表 3.3 Build Material 資料表

名稱	中文名稱	說明
Material_id	材質編號	紀錄建物所使用到的材質標號
Material_style	材質樣式	紀錄材質的花紋及樣式
Material_color	材質顏色	紀錄材質的顏色
Material_addr	材質位置	紀錄材質放置於建物中的位置

範例(一)：圖 3.9 呈現建築物外部元件進行分析。



圖 3.9 建築物外部元件分析

範例(二)：圖 3.10 呈現建築物內部元件進行分析。

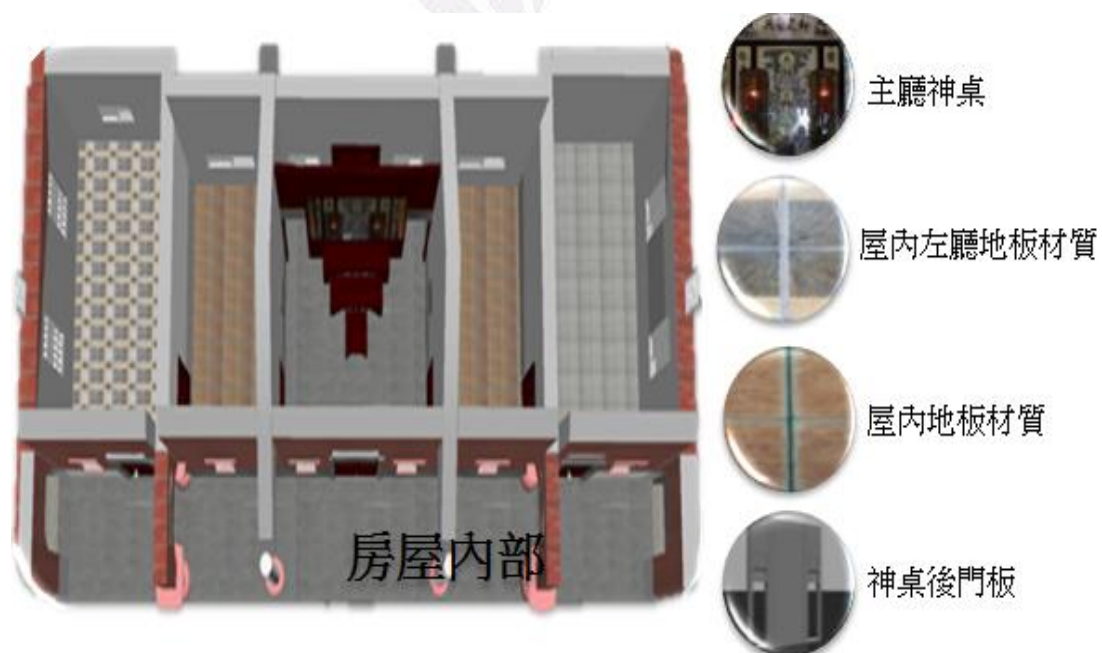
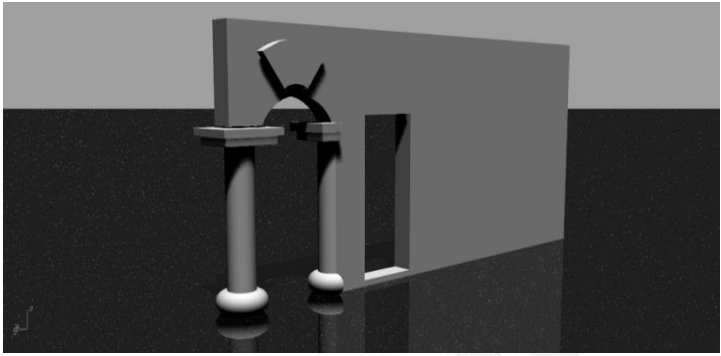
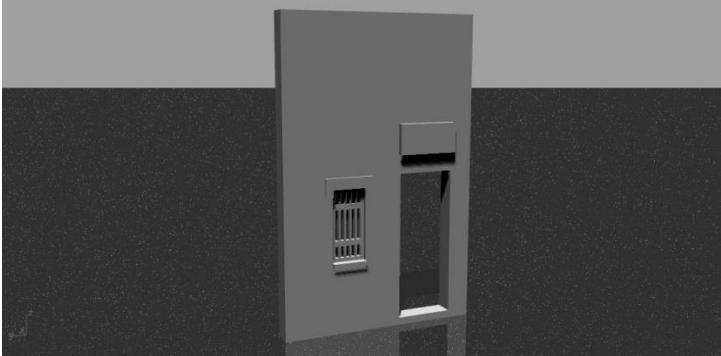
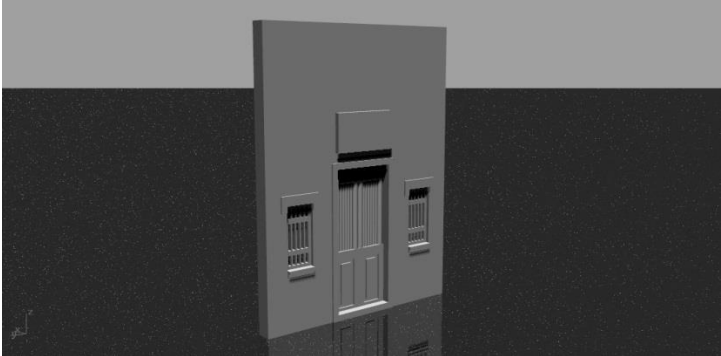


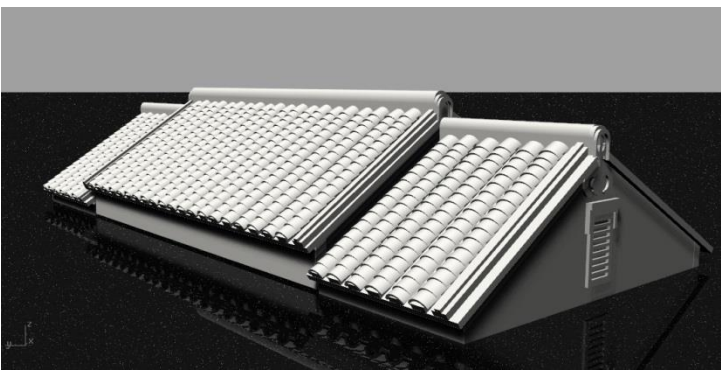


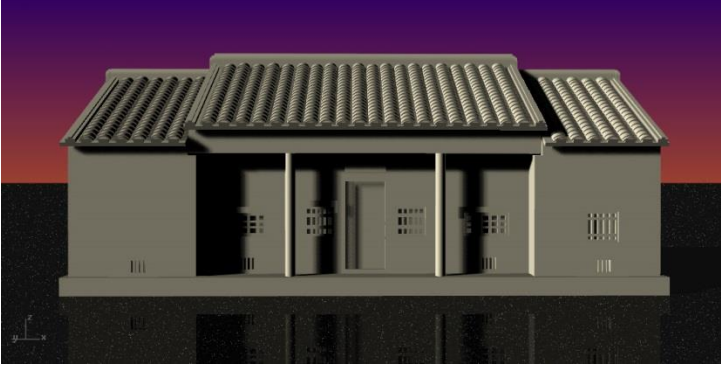
圖 3.10 建築物內部元件分析

3.3 3D 繪圖元件模型

我們可以將電腦繪圖後的圖形輸出，讓工程人員能夠以模型方式檢視房屋的整體外觀、內部結構與結構安全等，針對人為容易疏忽的地方去做更仔細的檢查，避免施工上的疏忽及可能造成的危險，如表 3.4。

表 3.4 3D 繪圖元件模型

圖示	說明
	<p>主廳兩側牆與柱子結合及門的開口</p>
	<p>兩側對外門及窗戶、字雕刻的結合</p>
	<p>大廳正門與窗戶及字雕刻結合</p>

	<p>屋頂及瓦片，百葉窗 與特殊雕刻</p>
	<p>房屋正面總覽</p>
	<p>房屋側面 45 度角檢 視</p>
	<p>房屋後門檢視</p>

3.4 網站設計說明

Dreamweaver 提供不同的介面給設計師，進階的網頁工程師可以透過程式碼的部分直接在 Dreamweaver 上撰寫程式，也可以透過程式碼與設計並行，在程式碼完成時便可直接於圖 3.11 的圓圈 2 直接預覽畫面。

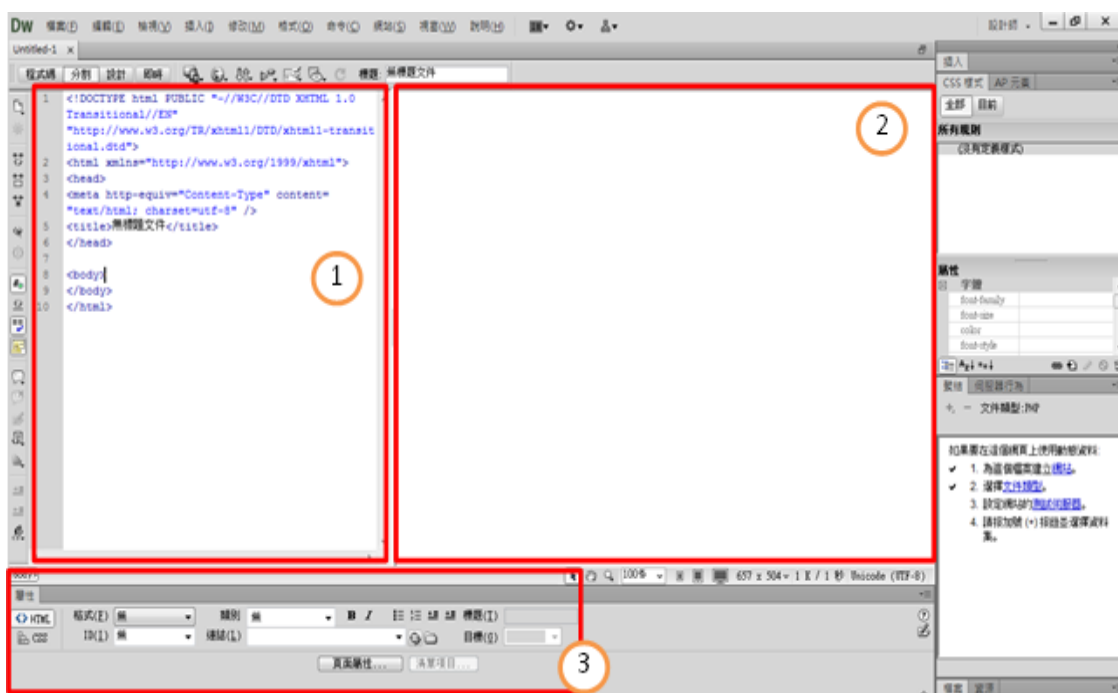


圖 3.11 Dreamweaver 使用者介面

圖 3.12 XAMPP 是一個把網頁伺服器與 PHP、Perl 及 MySQL 集合在一起的安裝包，允許用戶可以在自己的電腦上輕易的建立網頁伺服器，並和資料庫做連結，讓網站程式能夠藉由資料庫的幫忙達到互動的需求，我們利用此建立一個 PHP 的動態網站。

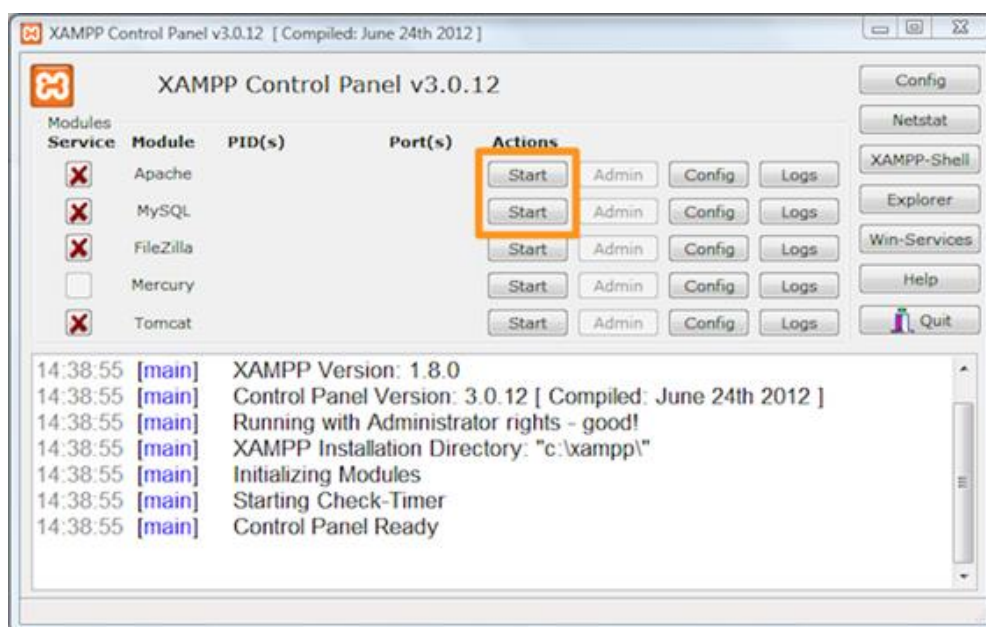


圖 3.12 XAMPP 使用者介面

phpMyAdmin 以 Web-base 方式架構在網站主機上的資料庫管理工具，讓管理者可藉由此 Web 介面(圖 3.13)可以成為一個簡易方式輸入繁雜 SQL 語法的較佳途徑，我們便利用它來儲存相簿及圖片的內容。



圖 3.13 phpMyAdmin 介面

定義網站

使用檔案工具面板定義網站(圖 3.14)，輸入適當的網站名稱與網站資料夾位址。

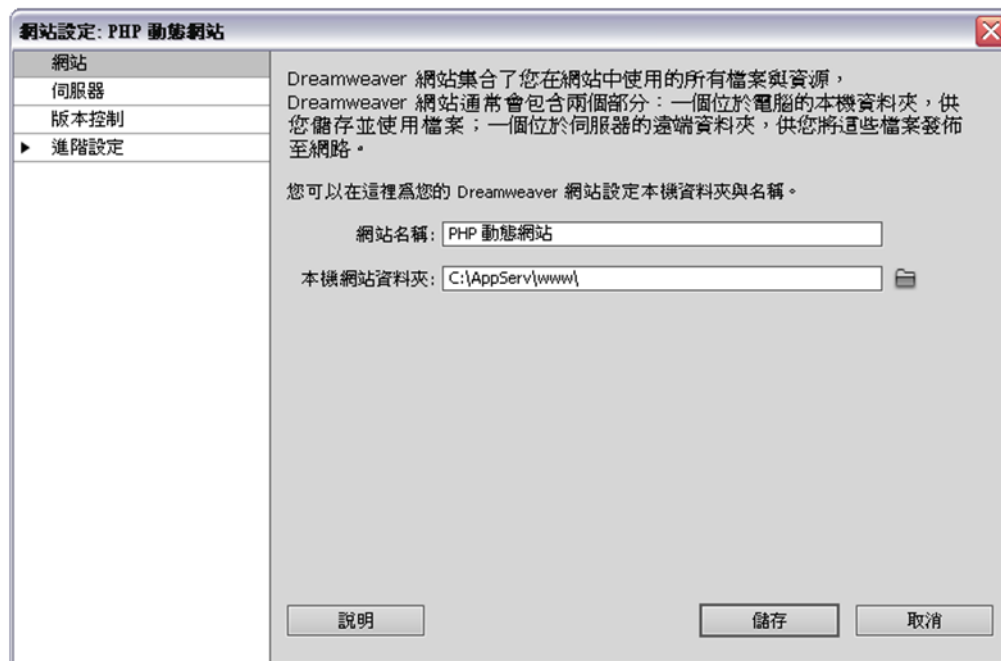


圖 3.14 定義網站

資料集面板

寫入資料庫內容，從資料庫面板(圖 3.15)點選「+」建立 MySQL 連線後，點選右邊的”繫結”，便可以讓網頁需使用到的內容與 phpMyAdmin 資料庫連在一起。

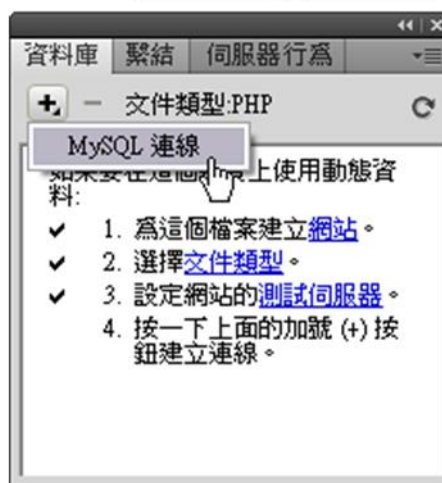


圖 3.15 資料集繫結面板

完成了網頁的基本設定後可以透過以下模組來完成我們的網頁設計。

屬性面板

圖 3.16 Dreamweaver 屬性面板在這面板中主要功能為檢視及變更文件視窗選取的文件或文字各種屬性。



圖 3.16 Dreamweaver 屬性面板

連結

建立選取文字或圖片的超連結，在點選網頁文字或是圖片時能夠連結到指定的網頁，我們可以利用此來建立網站與網站間的連結。

插入影像

網頁設計經常需要將影像放於網頁上，且檔案必須儲存網站資料夾內，點選功能表->插入->影像，選擇影像檔案後按[確定]鍵便可將影像成功插入於網頁中。

插入影片

網頁設計有時需要加入影片讓使用者觀看，此時可以點選功能表->插入->媒體->Plugin，插入完成後便會出現一個灰色方格，接下來用滑鼠點選灰色方格，可以將滑鼠移到方格右邊或下方用拖曳的方式調整大小即可完成影片的插入。

預覽/除錯

圖 3.17 左，利用此功能能夠讓設計師直接於瀏覽器上預覽自己的網頁。

上傳/下載

圖 3.17 右，網頁製作完成時，利用此功能將資料上傳到雲端伺服器，可以直接將網頁內容一次上傳或下載。

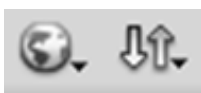


圖 3.17 常用工具

第四章 系統實作

4.1 作業程序

我們的整個流程如圖 4.1 所示分為三大部分：規劃→設計→實作，每個階段都有不同的工作要進行，從取材繪圖到最後的成品展現，每一個部分都擁有不同的專業領域要去學習，這是一個跨領域的研究發展，我們期望建立標準的作業流程，使得建物的維護更有成效，以及結合 3D 列印能夠更有效率及安全的打造我們的住家和各類建築物。

(1).規劃

(a).實景考察：到現場量測實際建物的範圍及內部細節等資訊並拍攝紀錄以利後續繪製模型前的分析參考。

(b).模型分析：將收集到的圖片及現場考察的實際情況將建築物已結構化的方式拆解並保留建築物結構部分，致完工時到現場進行接合。

(2).設計

(a).模型繪圖：將分析後的資料進行 3D 繪圖，將 2D 圖轉換為 3D 圖。

(b).結構化、參數化：將所得的資料進行數位化的儲存，供未來重新檢視或整修時可供參考。

(c).模型紀錄：將繪製後的模型圖記錄並保存下來。

(d).模型確認：在輸出模型前進行最後確認，避免結構上有忽略的安全問題，並檢視整體建築是否與原貌相似。

(3).施工

(a).模型輸出：將匯出的模型進行機器列印成實體。

(b).將模型族群加入 BIM：將模組化的建物加入 BIM 系統中，供其他使用者參考使用。

(c).模型組裝：將列印出的實體物品進行模型組裝成與原建築物相似的成品

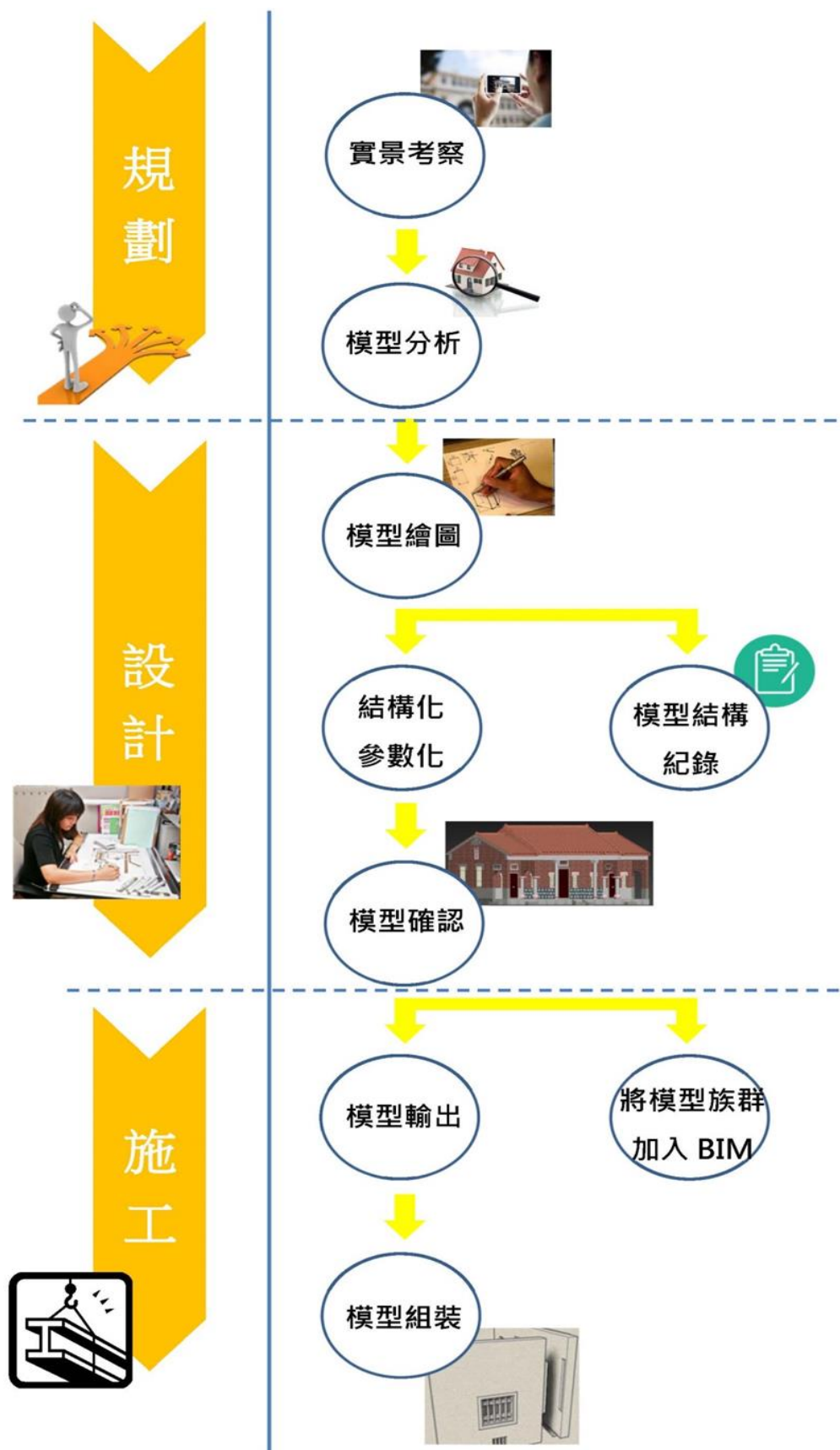


圖 4.1 系統實作程序

4.2 實地勘查與建物解析

4.2.1 建物尺寸量測

主要進行建物模組化的相關數據測量，如表 4.1：門、窗、牆…等多種物件的尺寸量測。

表 4.1 建物相關尺寸數據

建物位置	建物數據
地板	長 12 米 寬 6 米 高 0.72 米
整體建築	長 12 米 寬 6 米 高 米
柱子	半徑 0.15 米 高 2.4 米
窗戶(長型, 建物前方)	長 0.6 米 寬 0.4 米 高 0.005 米
窗戶防護欄杆	長 0.6 米 寬 0.01 米 高 0.4 米
窗戶(長型, 建物側方)	長 1 米 寬 0.01 米 高 0.4 米
窗戶防護欄杆(長型, 建物側方)	長 1 米 寬 0.01 米 高 0.4 米
窗戶(正方形, 建物後方)	長 0.3 米 寬 0.005 米 高 0.5 米
窗戶防護欄杆(正方形, 建物後方)	長 0.3 米 寬 0.01 米 高 0.5 米
窗戶(寬型, 建物後方)	長 0.9 米 寬 0.005 米 高 0.25 米
窗戶防護欄杆(寬型, 建物後方)	長 0.9 米 寬 0.01 米 高 0.25 米
門(主廳)	長 1.7 米 寬 0.9 米 高 0.1 米
門(兩側)	長 1.4 米 寬 0.7 米 高 0.1 米
門(內部)	長 1.4 米 寬 0.35 米 高 0.1 米

4.2.2 整體建築範圍量測

測量整棟房屋的結構與相關格局，如圖 4.2，方便繪圖實作比例的縮放。

單位:英吋 (1 英吋=2.54 公分)

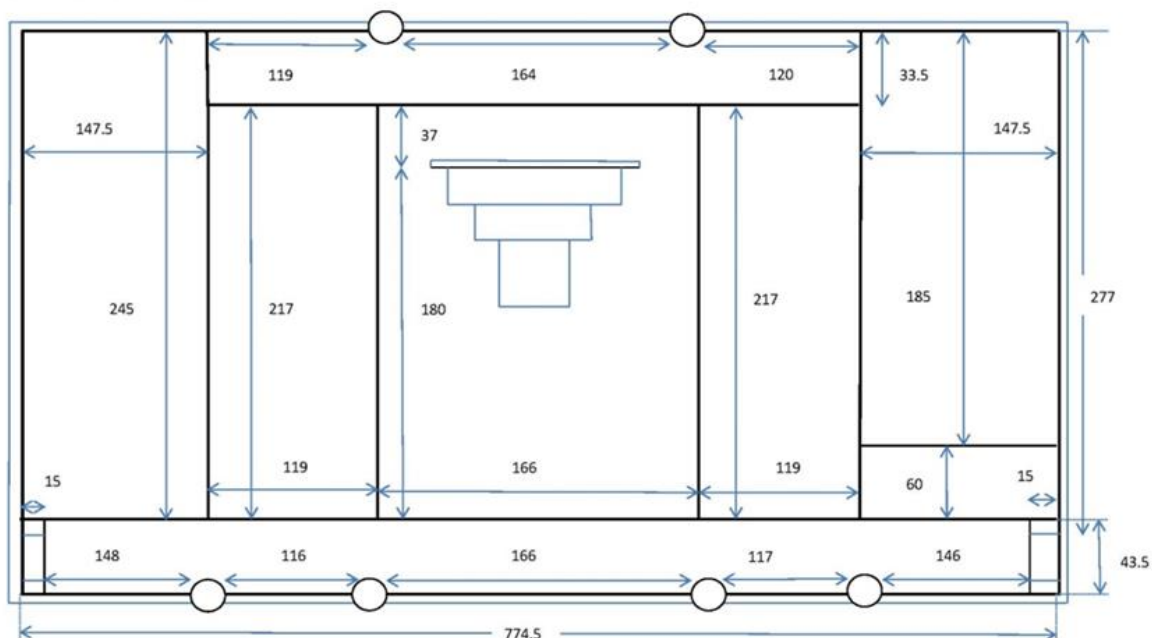


圖 4.2 整體房屋格局

4.3 特殊花紋與細節檢視

每一棟建築有可能結構相同及格局大同小異，但在某一些小細節中隱藏著細微的細節代表著這棟建築的靈魂，我們盡可能在繪圖時，將這種極小的細節在有限的空間中將其細節展現出來，讓列印出來的成品相似於實際的建築物，如圖 4.3 和 4.4，這些細節在繪圖時繪製出來，能讓模擬的建築物接近現實中的房屋。



圖 4.3 屋簷細節



圖 4.4 房屋兩側特殊雕刻

圖 4.5 是利用 Photoshop 裁剪以及平行翻轉來做修復圖片，以補足不完整的部份(右半部)，在建檔時能夠讓模型更加完整及精緻。

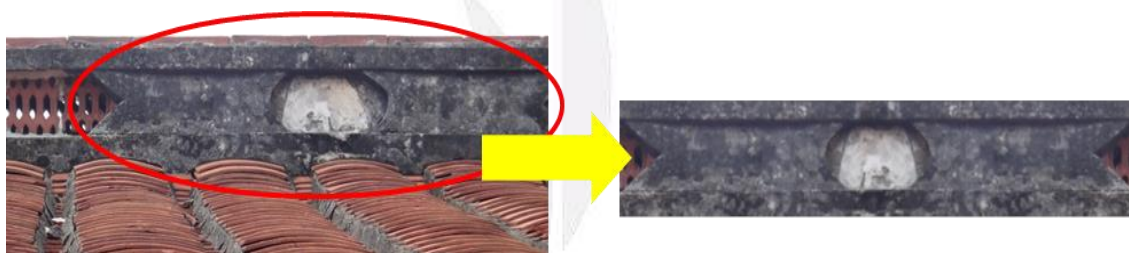


圖 4.5 軟體修圖

4.4 材質分類與模型導入

範例一：

將內部地板所需材質導入(圖 4.6)，並利用軟體計算和輸出軟體模擬結果。

如：編號：AEO_0004(外部物件 0004)

位置：房屋正下方

外觀：為顆粒狀組合的地板，顏色為灰白色

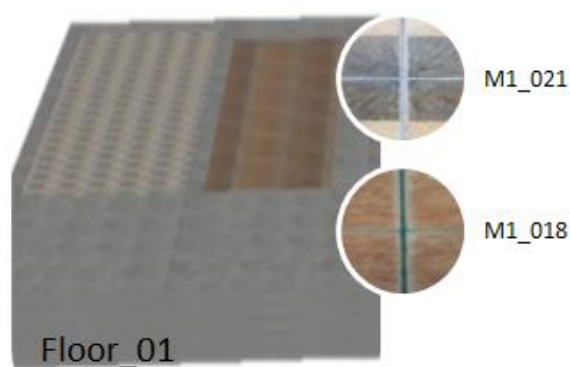


圖 4.6 材質導入地板模型中

範例二：

將外牆所需材質導入外牆中(圖 4.7)，並利用軟體計算和輸出軟體模擬結果。

如：編號：AEO_0013 (外部物件 0013)

代號：Wall_01

位置：左側的牆

外觀：牆面上方四分之三為紅磚塊，下方四分之一則為灰色礫石

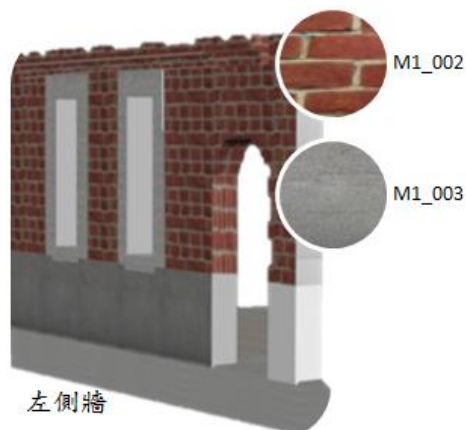


圖 4.7 材質導入外牆

4.5 3D 繪圖與成品展示

4.5.1 3D 繪圖說明

(1) 使用者介面

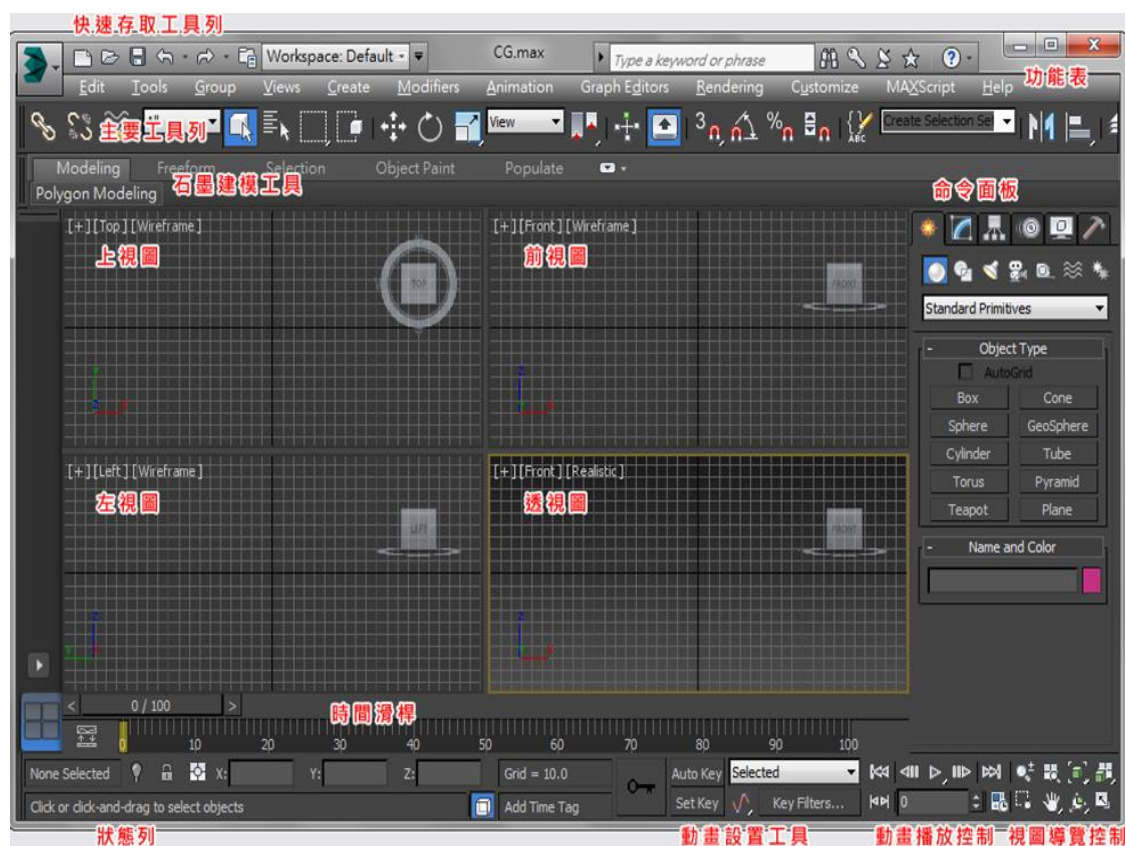


圖 4.8 使用者介面⁴

圖 4.8 使用者介面右上角的命令面板是在繪圖時極為重要的一個地方，它提供了我們基本的 3D 的立體模型和 2D 的線條，我們可以利用這個面板開始進行繪圖的工作。

⁴ CG 數位學習網 > 線上教學 > 3ds Max 教學 > 02 3ds Max 操作介面介紹:

http://www.cg.com.tw/3dsmax/Content/3dsMax_002.asp

Create 面版提供建立多種物件類型的工具(圖 4.9 紅框處)，包括幾何物件、形狀、燈光、攝影機、輔助物件、空間扭曲與系統物件。選取物件的類型時，利用下拉選單選取該類型的分類項目。例如選取了幾何物件(圖 4.9 黃圈處)後，可選擇標準物件、複合物件與粒子系統等。



圖 4.9 命令面板

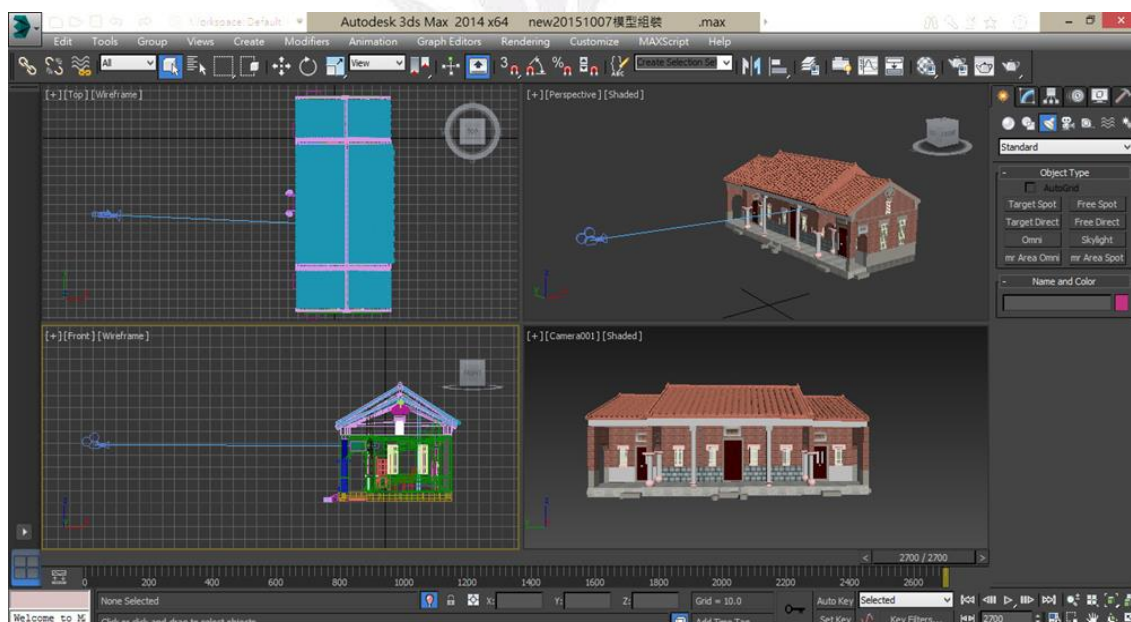


圖 4.10 繪圖畫面

3Ds max 提供我們 2D 的視野去觀察我們所繪製的模型，更可以在 3D 圖中無法調整的細節上利用 2D 線條的方式去加以編輯修改，也可以調整不同的角度觀察整個模型，共分為上、下、左、右、前、後六個角度(圖 4.10)。

(2) Material Editor 材質編輯器(圖 4.11)

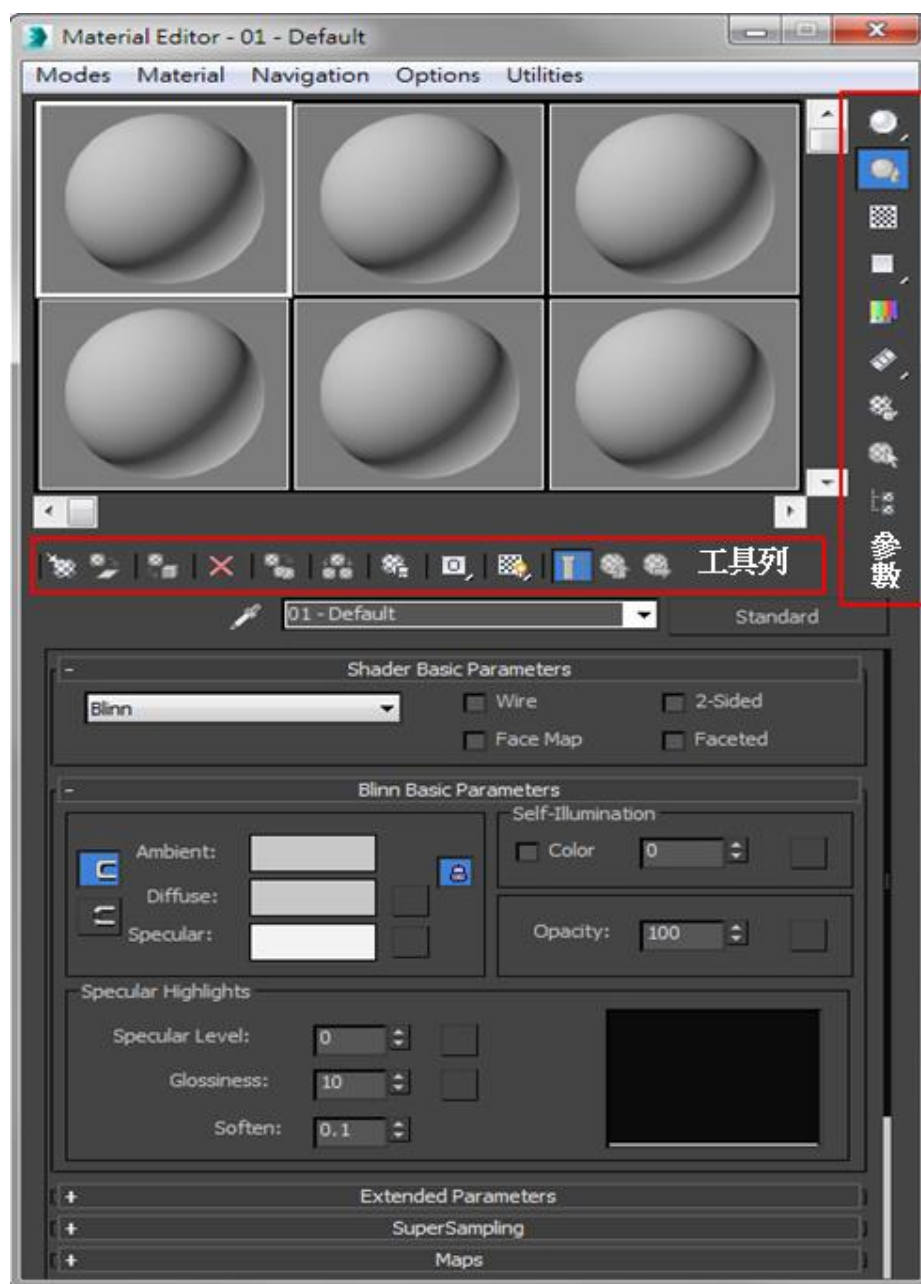


圖 4.11 材質編輯器

(a).指定材質給物件

使用滑鼠將材質球拖曳到物件上，便可完成指定的操作。觀察材質球的縮圖即可瞭解材質的使用情形。

(b).影像貼圖 Bitmap

使用視訊檔或影像檔作為材質貼圖，影像貼圖在製作動畫時是最常使用的貼圖類型。



(c).使用到的工具

在材質編輯器中我們需要表 4.2 與 4.3 的工具來進行模型的貼圖，讓模型能夠更貼近真實的樣貌。

表 4.2 工具列的工具介紹

	<p>取得材質 Get Material</p> <p>進行材質與貼圖類型的選擇，可以選擇各種材質或貼圖。</p>
	<p>指定材質給選取的物件 Assign Material to Selection</p> <p>將當前選擇的材質指定給工作區中選取的物件上，如有大量物件需同一材質時可以先選擇所需的模型在統一指定材質，較為有效率。</p>
	<p>重置貼圖/材質為預設 Reset Map / Mtl to Default Settings</p> <p>對所選取的材質進行重置，使其回復為預設值。</p>
	<p>在視圖顯示標準貼圖 Show Standard Map in Viewport</p> <p>在場景中顯示貼圖效果，若為同步材質則對材質的編輯也會同步影響場景物建，利於即時編輯。</p>
	<p>顯示最終結果 Show End Result</p> <p>顯示材質的最終結果。</p>

表 4.3 參數設定工具

	<p>材質樣本類型 Sample Type</p> <p>提供球體、柱體、立方體等形狀來預覽材質效果。</p>
	<p>樣本拼貼 Sample UV Tiling</p> <p>檢視貼圖樣本拼貼的結果。</p>

(3) 模型動畫製作

3ds Max 是以時間軸為基礎的動畫軟體，我們建立關鍵畫格來記錄物件的狀態，3ds Max 會在關鍵影格間自動加入補間動畫，可以簡化製作動畫的步驟。

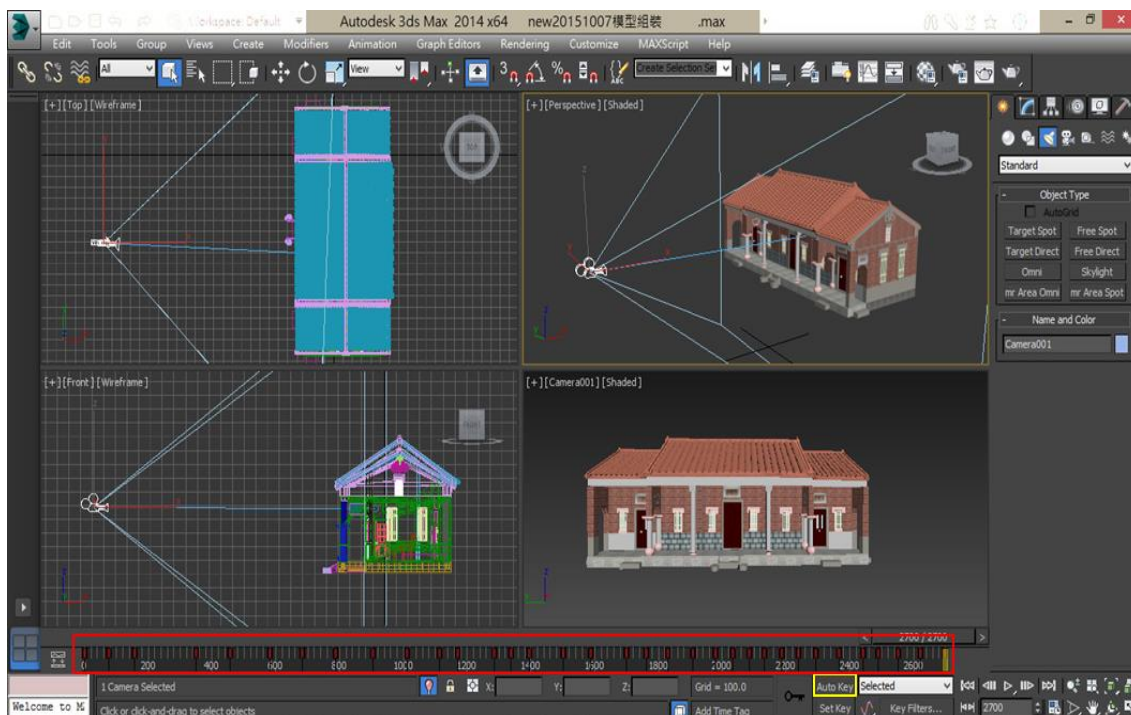


圖 4.12 動畫製作介面圖

(a) 動畫製作設定區--使用自動關鍵影格模式(Auto Key Mode)：

Auto Key Mode 屬於較簡單的動畫製作方式，選擇場景中的物件，按下 **Auto Key** 鈕(圖 4.12 黃框處)，視圖邊框會出現紅色(圖 4.12 紅框處)，表示編輯操作將會開始建立關鍵影格，利用時間滑桿移到指定的影格，對選擇的物件進行編輯，例如旋轉角度、縮放比例、改變物件的位置，或是調整物件的修改器屬性，大部分的設定與參數都可以使用自動關鍵影格製作動畫。

(b) 動畫播放控制區：

用於控制動畫的播放、停止、跳到時間軸的開始或結束位置，如圖 4.13。



圖 4.13 動畫播放控制區

第五章 成果展示

5.1 網站展示

(1) 首頁

圖 5.1 網站首頁提供瀏覽者開始進入時能夠簡單的了解此專題的初步概念。



圖 5.1 網站首頁

(2) 研究動機頁面

圖 5.2 簡介頁面說明專題的動機和目的,介紹 3D 列印與建築的跨領域研究。



圖 5.2 簡介頁面

(3) 3D 列印介紹

圖 5.3 簡介 3D 的軟體與硬體需求，以及簡單的 3D 列印技術介紹，讓瀏覽網頁的人能夠對 3D 列印有初步的了解。

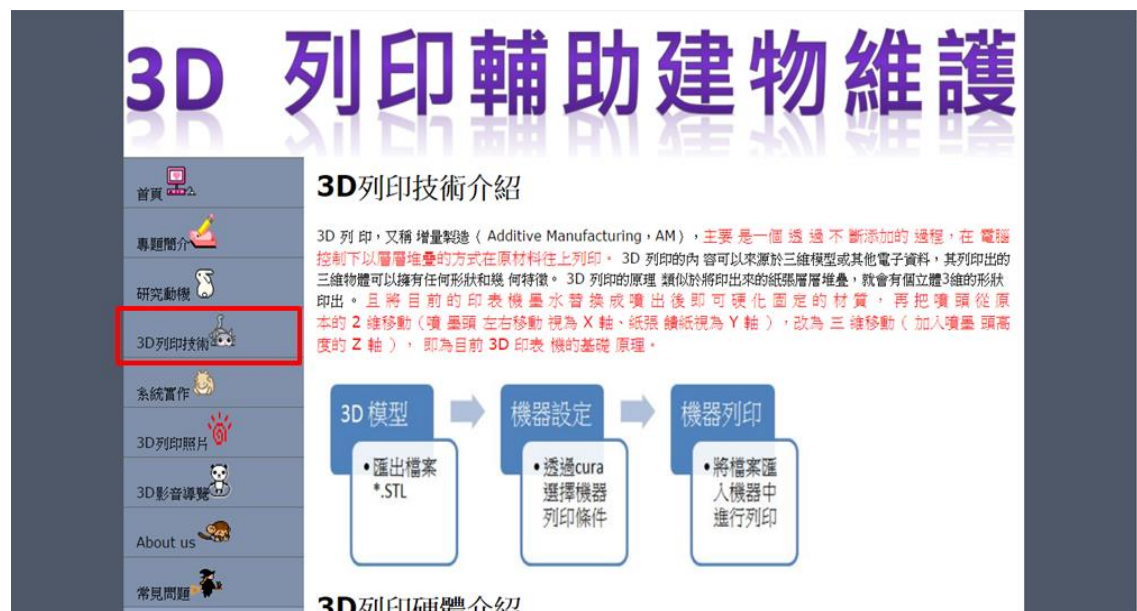


圖 5.3 3D 列印簡介頁面

(4) 專題實作頁面

圖 5.4 介紹如何從 2D 圖片逐步建置出 3D 模型的流程。



圖 5.4 系統實作頁面

(5) 網路相簿

此頁面提供了我們在初步場景勘查時所拍攝的圖片，以及分析過後的資料，到最後紀錄了我們建置過程中所處理後的圖片，最後將模型的元件及組合的實體展示在各個相關的相簿中。

(a).網路相簿流程圖

如圖 5.5 所示，在相簿首頁中分為二個部分：(1)一般瀏覽者與(2)網頁管理員。從圖 5.6 的相簿首頁進入，瀏覽者可以選擇相簿觀看相簿中的內容，網頁管理員可以登入系統(圖 5.7)，進行相簿、照片的更新(圖 5.8)，亦可與一般瀏覽者一樣進行閱覽。

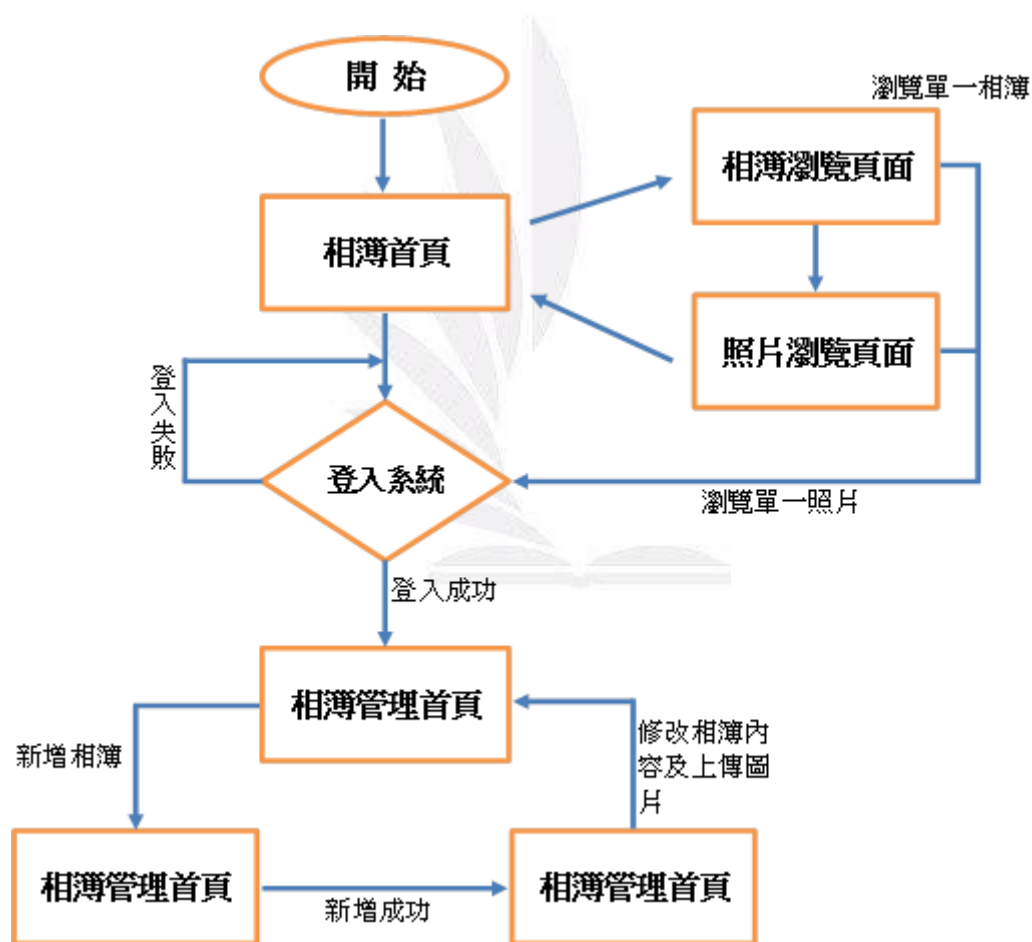


圖 5.5 相簿流程圖

(b).相簿首頁



圖 5.6 相簿首頁

(c).相簿管理頁面

圖 5.7 頁面提供網頁管理者登入相簿網站。



圖 5.7 管理者登入頁面

(d).新增相簿、照片

圖 5.8 頁面提供管理者新增圖片並記錄詳細資訊，供瀏覽者能夠清楚了解圖片中是位於建物的哪一位置及顏色和材質的內容。



圖 5.8 新增相簿、照片頁面

(e).相簿、照片資料庫內容

表 5.1 和表 5.2 分別記錄相簿與圖片的各個資料，如建立日期及相簿、圖片編號及名稱…等相關資訊。圖 5.9 和圖 5.10 分別呈現相簿與圖片資料庫內容。

表 5.2 相簿資料表

名稱	中文名稱	資料格式	資料屬性	NULL	備註
album_id	相簿編號	int(11)	UNSIGNED	否	自動產生
album_date	建立日期	date		是	
album_location	相簿地點	varchar		是	
album_title	相簿標題	varchar		是	
album_desc	相簿說明	text		是	

album_id	album_date	album_location	album_title	album_desc
6	2015-10-01 00:00:00	屏東	3D古蹟輔助建物維護-材質表	NULL
7	2015-10-01 00:00:00	屏東	3D古蹟輔助建物維護-特殊花紋圖	NULL
9	2015-10-01 00:00:00	屏東	3D古蹟輔助建物維護-材質圖	NULL
11	2015-10-01 00:00:00	台中	3D列印 完成品圖片	NULL
12	2015-10-01 00:00:00	台中	3D列印 模型圖	NULL
13	NULL	NULL	NULL	NULL

圖 5.9 相簿資料庫內容

表 5.3 圖片資料表

名稱	中文名稱	資料格式	資料屬性	NULL	備註
ap_id	圖片編號	int(11)	UNSIGNED	否	自動產生
album_id	相簿 id	int(11)	UNSIGNED	是	與 album 資料表的關聯
ap_subject	圖片名稱	varchar		是	
ap_date	圖片日期	date		是	
ap_picurl	圖片位址	varchar		是	
ap_hit	點擊次數	int(11)	UNSIGNED	是	

ap_id	album_id	ap_subject	ap_date	ap_picurl	ap_hits
52	9	NULL	NULL	1.png	0
53	9	NULL	NULL	2.png	0
54	9	NULL	NULL	3.png	0
62	7	NULL	NULL	DSC_006.JPG	0
63	7	NULL	NULL	DSC_007.JPG	0
64	7	NULL	NULL	DSC_009.JPG	0
65	7	NULL	NULL	DSC_010.JPG	0
66	7	NULL	NULL	DSC_008.JPG	0
67	7	NULL	NULL	DSC_100.JPG	0
68	7	NULL	NULL	DSC_011.JPG	0
69	6	NULL	NULL	1.png	0
70	6	NULL	NULL	2.png	0
71	6	NULL	NULL	4.png	0
72	6	NULL	NULL	5.png	0
73	6	NULL	NULL	3.png	0
74	11	NULL	NULL	L1040073.JPG	0
75	11	NULL	NULL	L1040082.JPG	0
76	11	NULL	NULL	L1040083.JPG	0
77	11	NULL	NULL	L1040084.JPG	0
78	11	NULL	NULL	L1040086.JPG	0
79	11	NULL	NULL	L1040089.JPG	0
80	11	NULL	NULL	L1040091.JPG	1

圖 5.10 圖片資料庫內容

(6) 影片導覽頁面

圖 5.11 的頁面提供影片可以瀏覽建築物內部的陳設及模型組裝的過程。

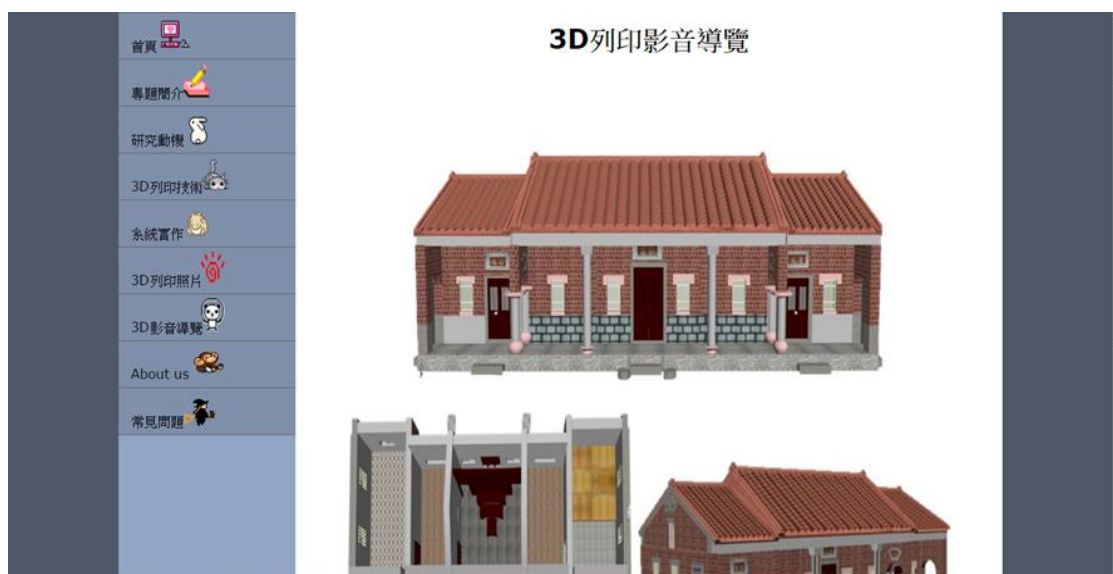


圖 5.11 影片導覽頁面

(7) 研究團隊

圖 5.12 的頁面提供了專題指導老師及成員的資料。



圖 5.12 研究成員頁面

(8) 常見問題

圖 5.13 的頁面提供我們初學 3D 列印時所遭遇的問題，可以提供初學者一些建議，讓初學 3D 列印的人可以避免這些問題。



圖 5.13 常見問題頁面

(9) 建物資料表頁面

圖 5.14 的頁面提供查找建築物件的外觀、位置及所搭配的材質等相關資訊。

Search:

一、內部物件表

編號	外部顯示物件	位置說明	外觀	所需材質
AEO_0001_Column_01	圓柱	建物前方屋簷下的圓柱(左)	底部為粉紅色，其他則為白色	M1_004、M1_006
AEO_0001_Column_02	圓柱	建物前方屋簷下的圓柱(右)	底部為粉紅色，其他則為白色	M1_004、M1_006
AEO_0001_Column_03	圓柱	建物後方屋簷下灰色礫石圓柱(左)	灰色	M1_026
AEO_0001_Column_04	圓柱	建物後方屋簷下灰色礫石圓柱(右)	灰色	M1_026
AEO_0002_Column_05	方圓柱	位於建物前方屋簷左邊的圓柱	帶有粉紅色方形，中為白色，尾端為圓錐體	M1_004、M1_006
AEO_0002_Column_06	方圓柱	位於建物前方屋簷右邊的圓柱	帶有粉紅色方形，中為白色，尾端為圓錐體	M1_004、M1_006
AEO_0003_Roof_01	屋頂	左邊房屋上方	橘色瓦片屋頂	M1_005
AEO_0003_Roof_02	屋頂	主廳上方	橘色瓦片屋頂	M1_005
AEO_0003_Roof_03	屋頂	右邊房屋上方	橘色瓦片屋頂	M1_005
AEO_0004_Floor_01	地板	建物下方	為顆粒狀組合的地板，為灰白色的顏色	M1_024
AEO_0005_Windows_01	窗戶(長)	建物左側的窗戶(前)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_02	窗戶(長)	建物左側的窗戶(後)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_03	窗戶(長)	建物主廳(左)前的窗戶	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_04	窗戶(長)	建物前的窗戶(左1)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_05	窗戶(長)	建物前方的窗戶(左2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_06	窗戶(長)	建物前方的窗戶(右2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_07	窗戶(長)	建物前的窗戶(右1)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_08	窗戶(長)	建物主廳(右)前的窗戶	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_09	窗戶(長)	建物右側的窗戶(前)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_10	窗戶(長)	建物右側的窗戶(後)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0006_Windows_11	窗戶(正)	主廳後的窗戶(左3)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0006_Windows_12	窗戶(長)	主廳後方的窗戶(右2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0007_Windows_13	窗戶(寬)	主廳後方的窗戶(左2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004

圖 5.14 建物物件表

5.2 3D 列印模型展示

5.2.1 3D 模型圖

(1). 正面全景：圖 5.15 呈現 3D 模型的正面全景圖。



圖 5.15 3D 模型正面全景

(2). 角度(A)：圖 5.16 顯示 3D 模型前門走廊。



圖 5.16 3D 模型前門走廊

(3).角度(B)：圖 5.17 呈現 3D 模型俯視角度的圖。

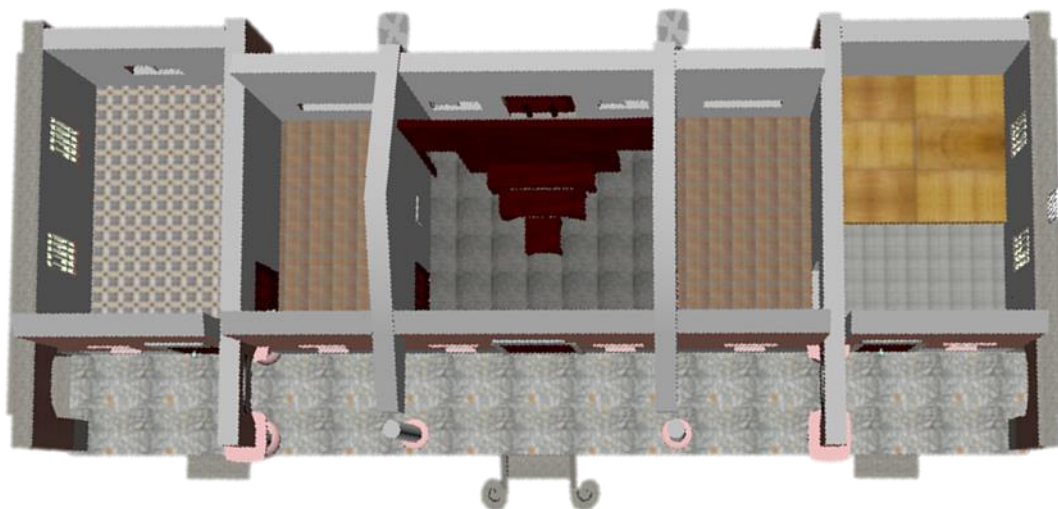


圖 5.17 3D 模型俯視角

(4).後門全景：圖 5.18 顯示 3D 模型後門的全景圖。



圖 5.18 3D 模型後門

(5).45 度角全景：圖 5.19 呈現 3D 模型 45 度角側面的全景圖。



圖 5.19 3D 模型 45 度角側面全景

5.2.2 列印成品展示

圖 5.20 到圖 5.24 分別展示建築元件和模型圖，包括屋頂、正面和側面的牆、俯視和正面的模型組合等。

(1).建築元件



圖 5.20 模型元件(屋頂)

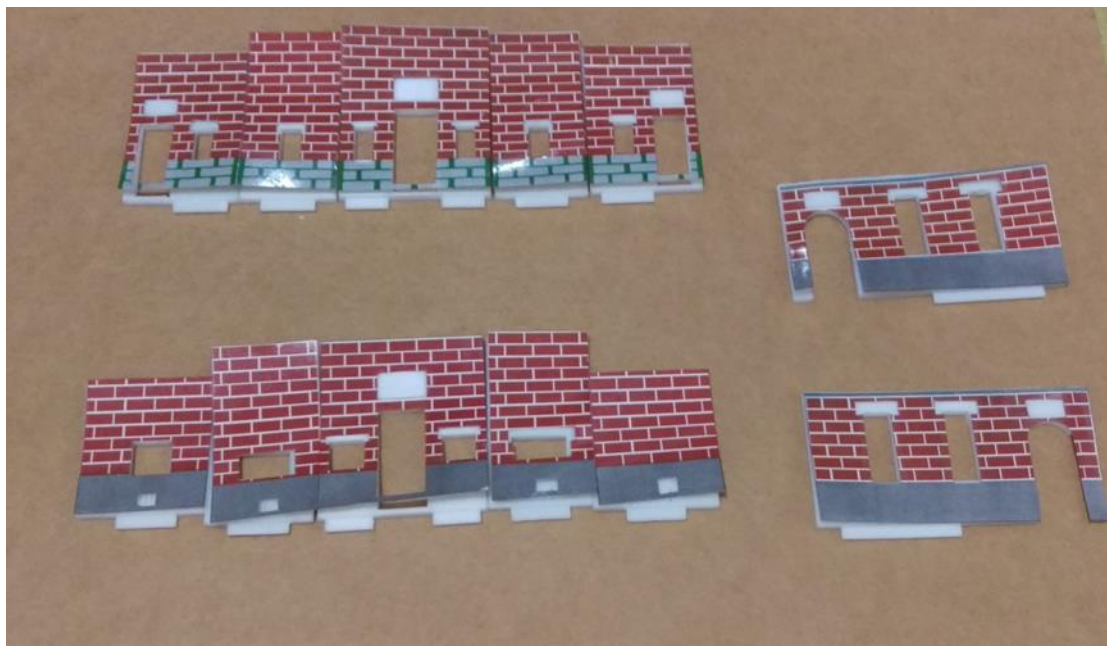


圖 5.21 模型元件(1)

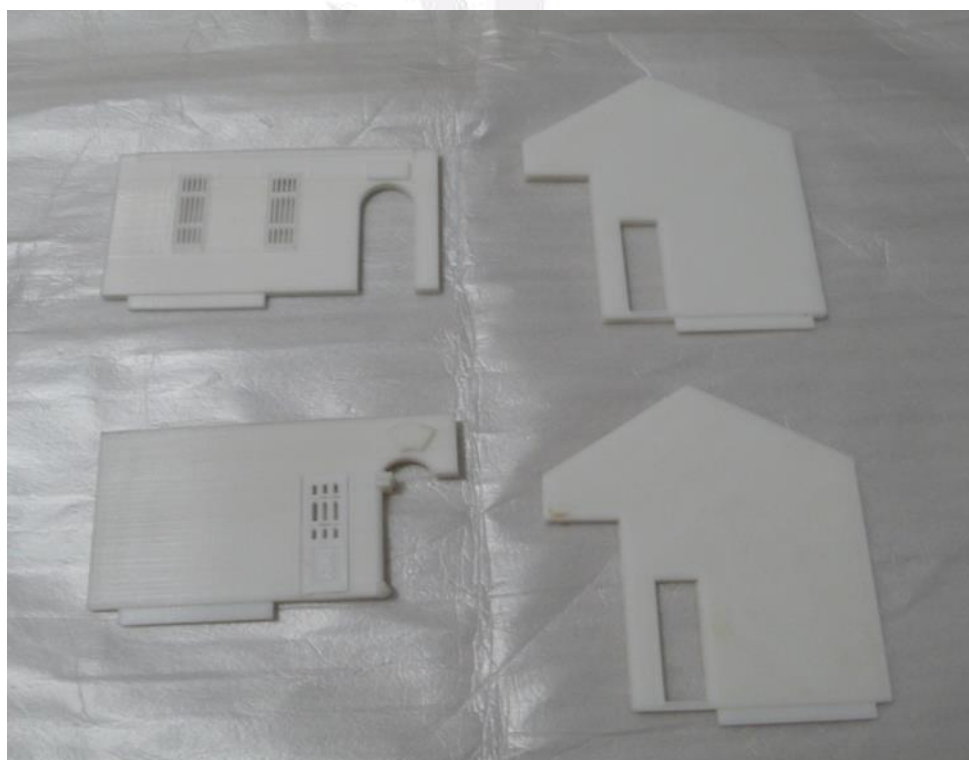


圖 5.22 模型元件(2)

(2).模型組裝



圖 5.23 模型組合-俯視



圖 5.24 模型組合-正面



圖 5.25 模型組合-完成作品



第六章 結論與未來展望

6.1 結論

我們以古老的三合院建築為例，發展一個使用 3D 列印來輔助建物維護的資訊系統。我們把建物的元件結構化及參數化，把規格和材質的資料都記錄在資料表中，如果未來需要維修或是修復重建時，可以從資料表查詢建物資料和檢視 3D 模型，再利用 3D 列印產生需要修復的物件或根據所提供的資訊進行維護。

另外，雖然古代的建築物擁有許多先人的智慧才能建造一棟棟具有獨特意義的建築，可以用來擋風遮雨。但是時代的變遷和人口增加，人們所需的生活空間越來越少，勢必會淘汰掉少部分古代的傳統建築。所以利用 3D 列印技術及各種材質，透過 3D 模擬繪圖後印出，便能以模型的方式進行保存。雖然不能與實體相比，但能讓其相似度接近高達 80%，在未來可以提供給我們的下一代進行回顧及研究其歷史意義及社會發展，讓文化能夠保存和傳承。

6.2 未來展望

我們希望在未來能夠提供完善的資料表及 3D 模型圖讓使用者能夠以方便快捷的角度去搜尋所需的資料，透過網頁結合資料表

能夠即時展現出使用者所查詢的模型，並且能夠顯示模型相關的數據，建立一套完整的標準作業流程。使得建造房屋能夠更加的快速便利，更能夠提供客製化的功能，讓自己打造個人所喜愛的房屋。

6.3 困難與解決

在進行建物分析時，需要考慮到模型的接合面及接合結構，如何讓每一項模組化後的模型能夠互相結合，所以我們進行多種不同的嘗試及繪圖。

模型畢竟是實際大型物體縮小後的樣子，有許多的細節部分必定會顯示得不清楚，在這方面我們只能進行取捨，畢竟成品必須展現出一棟完整的建築，而我們所使用的 3D 列印機所擠出的熔膠為 0.4mm，所以所有的繪圖，點、線、面都必須大於 0.4mm 才不會使輸出的模型全部擠壓在一起。

在進行 3D 列印時，我們常遇到噴頭阻塞，底部的 Brim 無法與底部緊密貼合，使得輸出的模型容易翹起來，一但翹起的話模型的結合必會無法緊密結合和產生空洞，所以必須隨時注意和即時處理。另外，當列印機在列印模型的接合處時，常會有許多不一樣的誤差，可能過大或過小，這些都會造成結構上的不穩定。我們相信在未來 3D 列印發展上會有更好的發展能夠將這些誤差縮小，使得輸出的成品更加完善。

6.4 心得感想

陳旻泓：

一開始我對專題沒什麼方向，因為我是二下的時候從電機轉進來資訊系，對程式語言只有基礎的概念並不深入，所以對專題的想法並沒有很多。

很感謝楊東麟老師提供了我一個跨領域的研究方向，結合了建築、設計及資訊等多方面的領域。一開始最困難的就是繪圖這方面的問題，花了寒假與上半學期的時間在學習如何用 2D 及 3D 繪圖將我們的模型建物畫出來，之後又要考慮到結構的問題，如何將房屋拆解、結合，這些都在資訊的領域中不曾出現過。一邊繪圖的同時，我們也需要應用資訊方面的領域，設計 Meta data 將元件記錄下來，儲存於資料表中，未來才能夠再度使用，可以避免紙本上的毀損問題。

暑假時將我們的模型圖一一輸出，這時候又遇到了另一方面的問題，就是要

去學習 3D 列印的操作、機器的特性及故障排除，最後是製作網頁，把我們的經驗、成果展示出來，讓後面要學習的人能夠有概念上的理解和更快速的上手。

在這一年中學習到了很多不同方面的實作，希望在未來我們可以將網頁功能擴大，能夠在網頁上展示 3D 列印的模型的檔案，360 度的讓瀏覽者自由翻轉，並加上檔案的下載，讓想學習 3D 列印的人可以快速列印。

蔡建廷：

這次跟楊老師做 3D 列印輔助維護的專題，說實在話真的學到了許多東西，因為系上並沒有相關的課程，我第一次接觸到 3D 列印就是這次專題，剛開始都不知道怎麼實作，直到有一次參加了 3D 列印的高階課程是在說明相關的事情，才大概知道這東西該怎麼弄以及概念為何。

一開始天真的以為 3D 列印就是把東西變成圖片拿去專用列印機印出來，殊不知原來沒這麼簡單，要先把圖片變成模型圖才能去調誤差值，而且也不是一張圖片就能完成，因為列印機不夠大台，只能把圖片切成許許多多的小圖片再拿去列印，從完全不懂變成稍微可以掌握如何使用機器。

我們利用一整個暑假的時間在列印模型上，雖然很累，不過當我們全部印完之後，把成品組裝出來的那當下真的很開心也很興奮。

開學後我們便開始架設成果網站，由於之前我們沒學過如何架設一個網站，於是自己買了書本學習，到了 10 月左右基本的網站架構有了，再慢慢地深入編排，直到 11 月網站架設好了，成品也都全部完成，剩下修改及思考如何讓成品變得更好。

在這次的專題中真的受益良多，因為 3D 列印這一塊我相信在未來的社會絕對會變得更加流行，不只是有實質上的應用，更重要的是可以拿這些 3D 成品來維護建築物，對之後的維修工程也會有絕對的進步跟改善，很謝謝楊老師願意讓我當他的專題學生，之後我也可以利用這次的經驗朝這一方向繼續發展。

6.5 工作分配

陳旻泓：2D 和 3D 模型繪圖、3D 模型輸出、網頁製作、書面報告。

蔡建廷：3D 模型輸出、網頁製作、書面報告。



參考資料

[1].簡士凱，使用 BIM 建立建築物設施管理系統

URL：<http://chur.chu.edu.tw/bitstream/987654321/21374/1/GM098160120.pdf>

[2]. 陳育聰，淺談BIM，2014 歐特克教育高峰會

URL：

http://www.gotop.com.tw/waweb2004/img_soft/autodesk/au/2014%E6%AD%E9%90%E7%89%B9%E5%85%8B%E6%95%99%E8%82%B2%E9%AB%98%E5%B3%B0%E6%9C%83-%E6%B7%BA%E8%AB%87BIM.pdf

[3]. 維基百科

URL：

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BB%BA%E7%AF%89%E4%BF%A1%E6%81%AF%E6%A8%A1%E5%9E%8B>

[4]. 3D列印的七大成型技術

URL：<http://www.techbang.com/posts/18161-3d-printer-technology-talk>

[5]. 3D列印機-初學入門指南

URL：<http://www.opentech.tw/pages/documents/?/intro/C4-1.htm>

[6]. PLA 塑膠Learning Center

URL：http://www.botfeeder.com.tw/pla_material.htm

[7]. CG數位學習網-3Ds Max

URL：<http://www.cg.com.tw/3dsmax/>

附錄

附錄一_外部物件表(外部物件表為建築物外部的可視範圍，我們將其建物歸類為外部。)

編號	外部顯示物件	位置說明	外觀	所需材質
AEO_0001_Column_01	圓柱	建物前方屋簷下的圓柱(左)	底部為粉紅色，其他則為白色	M1_004 M1_006
AEO_0001_Column_02	圓柱	建物前方屋簷下的圓柱(右)	底部為粉紅色，其他則為白色	M1_004 M1_006
AEO_0001_Column_03	圓柱	建物後方屋簷下灰色礫石圓柱(左)	灰色	M1_026
AEO_0001_Column_04	圓柱	建物後方屋簷下灰色礫石圓柱(右)	灰色	M1_026
AEO_0002_Column_05	方圓柱	位於建物前方屋簷左邊的圓柱	帶有粉紅色方形，中為白色， 尾端為胖圓體	M1_004 M1_006
AEO_0002_Column_06	方圓柱	位於建物前方屋簷右邊的圓柱	帶有粉紅色方形，中為白色， 尾端為胖圓體	M1_004 M1_006
AEO_0003_Roof_01	屋頂	左邊房屋上方	橘色瓦片屋頂	M1_005
AEO_0003_Roof_02	屋頂	主廳上方	橘色瓦片屋頂	M1_005
AEO_0003_Roof_03	屋頂	右邊房屋上方	橘色瓦片屋頂	M1_005
AEO_0004_Floor_01	地板	建物下方	為顆粒狀組合的地板，	M1_024

			為灰白色的顏色	
AEO_0005_Windows_01	窗戶(長)	建物左側的窗戶(前)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_02	窗戶(長)	建物左側的窗戶(後)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_03	窗戶(長)	建物主廳(左)前的窗戶	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_04	窗戶(長)	建物前的窗戶(左 1)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_05	窗戶(長)	建物前方的窗戶(左 2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_06	窗戶(長)	建物前方的窗戶(右 2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_07	窗戶(長)	建物前的窗戶(右 1)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_08	窗戶(長)	建物主廳(右)前的窗戶	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_09	窗戶(長)	建物右側的窗戶(前)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0005_Windows_10	窗戶(長)	建物右側的窗戶(後)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0006_Windows_11	窗戶(正)	主廳後的窗戶(左 3)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004

			透明	
AEO_0006_Windows_12	窗戶(長)	主廳後方的窗戶(右 2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0007_Windows_13	窗戶(寬)	主廳後方的窗戶(左 2)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0007_Windows_14	窗戶(寬)	主廳後方的窗戶(右 1)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0008_Windows_15	窗戶(正方)	後方的窗戶(左 1)	拉型窗、四邊白色框、中間則為透明	M1_004
AEO_0009_Railing_01	窗戶防護欄杆(長)	建築物左側窗戶的長型欄杆(前)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_02	窗戶防護欄杆(長)	建築物左側窗戶的長型欄杆(後)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_03	窗戶防護欄杆(長)	建物(左)前方窗戶的長型欄杆	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_04	窗戶防護欄杆(長)	建物主廳前窗戶的長型欄杆(左 1)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_05	窗戶防護欄杆(長)	建物主廳前窗戶的長型欄杆(左 2)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_06	窗戶防護欄杆(長)	建物主廳前窗戶的長型欄杆(右 2)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_07	窗戶防護欄杆(長)	建物主廳前窗戶的長型欄杆(右 1)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_08	窗戶防護欄杆(長)	建物(右)前窗戶的長型欄杆	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_09	窗戶防護欄杆(長)	建物右側窗戶的長型欄杆(前)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0009_Railing_10	窗戶防護欄杆(長)	建物右側窗戶的長型欄杆(後)	白色欄杆，格子狀鏤空	M1_004
AEO_0010_Railing_11	窗戶防護欄杆(正)	建物主廳後方窗戶的欄杆(左 3)	白色， 格子狀鏤空	M1_004
AEO_0010_Railing_12	窗戶防護欄杆(正)	建物主廳後方窗戶的欄杆(右 2)	白色， 格子狀鏤空	M1_004
AEO_0011	窗戶防護欄杆(寬)	建物主廳後方窗戶的欄杆(左 2)	白色， 格子狀鏤空	M1_004

AEO_0011_Railing_14	窗戶防護欄杆(寬)	建物主廳後方窗戶的欄杆(右 1)	白色， 格子狀鏤空	M1_004
AEO_0012_Railing_15	窗戶防護欄杆(正方)	建物主廳後方窗戶的欄杆(左 1)	白色， 格子狀鏤空	M1_004
AEO_0013_Railing_16	百葉窗	建物左側上方的百葉窗	白色，百葉形狀	M1_004
AEO_0013_Railing_17	百葉窗	建物左側上方的百葉窗	白色，百葉形狀	M1_004
AEO_0014_Door_01	門	左邊房屋前方	褐色門，單扇	M1_007
AEO_0014_Door_02	門	主廳的前方	褐色門，兩扇	M1_007
AEO_0014_Door_03	門	右邊房屋的前方	褐色門，單扇	M1_007
AEO_0014_Door_04	門	主廳的後方	褐色門，兩扇	M1_007
AEO_0015_Wall_01	牆	左側的牆	牆面上方四分之三為紅磚塊， 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_004
AEO_0015_Wall_02	牆	前牆(左 1)	牆面上方四分之三為紅磚塊， 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_001 M1_002
AEO_0015_Wall_03	牆	前牆(主廳)	牆面上方四分之三為紅磚塊， 下方四分之一則為白色綠色交錯 的圖形	M1_002 M1_004
AEO_0015_Wall_04	牆	前牆(右 1)	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為白色	M1_002 M1_003
AEO_0015_Wall_05	牆	右側的牆	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_003
AEO_0015_Wall_06	牆	後牆(左 1)	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_024
AEO_0015_Wall_07	牆	後牆(主廳)	牆面上方四分之三為紅磚塊	M1_002

			下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_024
AEO_0015_Wall_08	牆	後牆(右 1)	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_024
AEO_0015_Wall_09	牆	前牆(左 2)	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_024
AEO_0015_Wall_10	牆	前牆(右 2)	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_024
AEO_0015_Wall_11	牆	後牆(左 2)	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_024
AEO_0015_Wall_12	牆	後牆(右 2)	牆面上方四分之三為紅磚塊 下方四分之一則為灰色礫石牆	M1_002 M1_024
AEO_0016_Carving_01	雕刻	左側上方	鳥型雕刻	M1_034
AEO_0016_Carving_02	雕刻	右側上方	鳥型雕刻	M1_034
AEO_0016_Carving_03	雕刻	左側上方	古代雕刻	M1_035
AEO_0016_Carving_04	雕刻	右側上方	古代雕刻	M1_035
AEO_0017_Word_01	字	左側，拱門的上方	桂影，長方形	M1_012
AEO_0017_Word_02	字	左邊房屋，門的上方	白鋒，長方形	M1_016
AEO_0017_Word_03	字	主廳左側拱門上方	滄浪，半月形	M1_013
AEO_0017_Word_04	字	主廳，門的上方	弘農，長方形	M1_014
AEO_0017_Word_05	字	主廳右側拱門上方	碧落，半月形	M1_015
AEO_0017_Word_06	字	右邊房屋，門的上方	圭元，長方形	M1_010
AEO_0017_Word_07	字	右側，拱門的上方	芬蘭，長方形	M1_09

AEO_0017_Word_08	字	後方主廳，門上方	瑞靄，長方形	M1_011
------------------	---	----------	--------	--------



附錄二_內部物件表(內部物件表為房屋內部，眼睛無法從建築物外圍觀察得知，我們將其歸類為內部物件。)








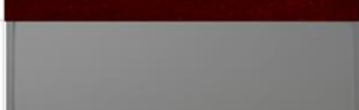
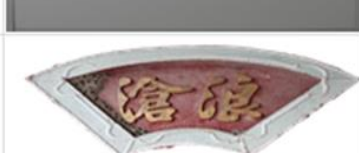



編號	內部物件顯示	位置說明	外觀	所需材質
AEI_0001_table_01	神明桌	正中央後方	棕色木頭材質，長方體	M1_007
AEI_0001_table_02	神明桌	正中央中間	棕色木頭材質，較小長方體	M1_007
AEI_0001_table_03	神明桌	正中央前方	棕色木頭材質，正方體	M1_007
AEI_0003_Portrait_01	畫像	主廳左方牆壁上 靠近後門	畫像	M1_027
AEI_0003_Portrait_02	畫像	主廳右方牆壁上 靠近後門	畫像	M1_028
AEI_0005_Portrait_03	神明像	主廳正中央神明桌前	神明像	M1_033
AEI_0006_Bed_01	通鋪	左方房間內	棕色木頭材質，通鋪	M1_021
AEI_0007_Door_05	門	主廳和左方第一個房間相連處	褐色門單	M1_007
AEI_0007_Door_06		主廳和右方第一房間相連處	褐色門，單扇	M1_007
AEI_0007_Door_07	門	左方第一房間和左方第二房間相連處	褐色門，單扇	M1_007
AEI_0007_Door_08	門	右方第一房間和右方第二房間相連處	褐色門，單扇	M1_007
AEI_0008_Wall_13	分隔牆	分隔主廳和左方第一個房間	上方三分之二為白色， 下方三分之一為淺藍花紋	M1_004 M1_020
AEI_0008_Wall_14	分隔牆	分隔主廳和右方第一個房間	上方三分之二為白色， 下方三分之一為淺藍花紋	M1_004 M1_020
AEI_0008_Wall_15	分隔牆	分隔左方第一房間和左方第二房間	為白色的牆	M1_004
AEI_0008_Wall_16	分隔牆	分隔右方第一房間和右方第二房間	為白色的牆	M1_004

AEI_0009_Ceiling_01	天花板	左邊第一空間	格子狀白紋	M1_008
AEI_0009_Ceiling_02	天花板	左邊第二空間	格子狀白紋	M1_008
AEI_0009_Ceiling_03	天花板	右邊第二空間	格子狀白紋	M1_008
AEI_0009_Ceiling_04	天花板	右邊第一空間	格子狀白紋	M1_008








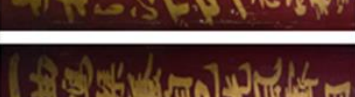


附錄三_建築材質表

此表紀錄建築物的相關材質，如地磚等資訊，並在 3D 繪圖時能夠匯入模型中模擬建物原本的樣貌。

編號	建築材質(花紋)	顏色	位置
M1_001		白綠相間	大門前
M1_002		紅色磚塊	大門前
M1_003		礫石	左右牆
M1_004		白色	分佈於柱子，牆多處
M1_005		瓦片	屋頂
M1_006		粉紅	圓柱、樑角
M1_007		褐色木質	門 神桌等等
M1_008		天花板	室內天花板
M1_009		字-滄浪	左-圓拱門上方
M1_010		字-落碧	左-圓拱門上方
M1_011		字	後門上方
M1_012		字-蒲分	左拱門上方

貼的物件	建築材質(花紋)	內容	位置
M1_013		字-農弘	大門正上方
M1_014		字-鐸白	左側門上方
M1_015		字-影桂	右拱門上方
M1_016		字-元圭	右側門上方
M1_017		地板磁磚	右二空間
M1_018		地板磁磚	空間右左一
M1_019		淺藍花紋	大廳牆花紋
M1_020		木質	右二木質通鋪
M1_021		地板磁磚	左二空間
M1_022		顆粒石	大門階梯
M1_023		水藍色	屋頂下方
M1_024		微小粒石	圓柱、樑角

貼的物件	建築材質(花紋)	內容	位置
M1_025		畫像	大廳左邊畫像
M1_026		畫像	大廳右邊畫像
M1_027		門上方花紋01	大廳後門上方花紋01
M1_028		門上方花紋02	大廳後門上方花紋02
M1_029		大廳相片	大廳神像相片
M1_030		角落花紋01	建築四角落花紋01
M1_031		角落花紋02	建築四角落花紋02
M1_032		角落花紋03	建築四角落花紋03
M1_033		角落花紋04	建築四角落花紋04
M1_034		鳥裝飾	左右牆鳥裝飾
M_035		鳥花紋	左右牆鳥花紋
M1_036		神桌上對聯01	神桌上對聯右
M1_037		神桌上對聯02	神桌上對聯左