教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PHA1090358
學門專案分類/Division：人文藝術及設計
執行期間/Funding Period：109/08/01~110/07/31

提升建築設計之建築造型與建築結構的教學實踐研究

建築結構造型
三維空間電腦模擬

計畫主持人(Principal Investigator)：林文山

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中華科技大學建築系

成果報告公開日期：

■立即公開 □延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：110/09/06

提升建築設計之建築造型與建築結構的教學實踐研究

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

研究者任教於科技大學，以提升教學品質，促進學生學習成效，讓學生畢業後能擁有專業技能為主要之目的。如何提升教學品質？如何促進學生學習成效？

本研究主題在提升建築設計之建築造型與結構之學習成效，建築設計為建築系各年級之必修科目，且為各學科之綜合表現，並為判斷學生學習能力之綜合指標；建築設計主要是解決功能、美觀、造型與適用的問題，而建築結構是解決安全問題，依據建築造型與尺寸等資料進行結構分析，驗算各斷面的強度和剛度，以確定建築之安全性，因此一個好的建築是建築造型和結構設計相互密切配合的結果。在建築造型表現上，除了傳統上以 AutoCAD 進行平、立、剖 2D 表現外，現今數位軟體之發達，直接利用 3D 建模軟體建立建築物的造型，可方便直覺表達設計者之設計理念，在建築與室內設計相關行業中，3D 建模軟體以 SketchUp、Revit、3D Max 使用最多[1]。在建築結構方面，一般使用 SAP 2000 或 ETABS 分析與設計程式[2]，該程式是專門為建築結構所開發之軟體，可進行鋼筋混凝土斷面之配筋或鋼結構之斷面設計，利用 SAP 2000 或 ETABS 設計後，可依據設計結果繪製施工圖。

傳統結構課的進行方式，不外乎老師抄黑板、放 PPT，學生抄筆記、背公式，考試的時候寫寫計算題，這樣得教學方式在研究者所任教之科技大學，無法引起學生興趣，就連國立成功大學建築系亦無法引起其學習興趣[3]。研究者認為應在教法上揚棄過去傳統之 PPT、書寫黑板之模式，改以電腦空間模擬、模型製作以及電腦結構分析之操作為主，並錄製教學影片以提升學生學習成效，增加學生的學習興趣。為了提高學生對結構的學習興趣，成功大學建築系以帶領學生從親身體驗的角度領略結構，開啟對這門學科的好奇和理解[3]，這與研究者近年教學方式很相近。

做模型學結構可以透過模型驗證結構合理性，透過結構實驗操作可找出結構的問題，並可透過模型「臨摹」實際結構而加深同學之印象，將其不知不覺中融入其建築設計內涵，提升同學建築設計能力，並能引發學生之興趣，這與教育部「做中學、學中做」相符合。

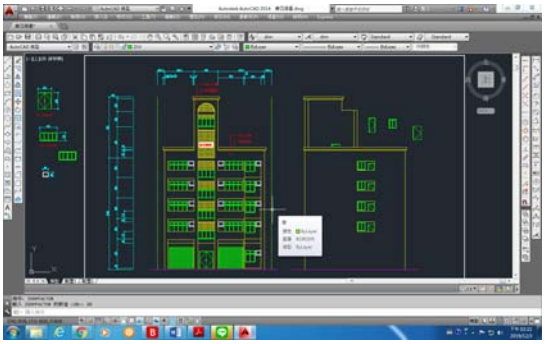
研究者在建築系主要擔任電腦繪圖及建築結構相關課程，在結構相關課程上主要將建築師考試所需之知識傳授給同學，多年來依據學生背景與程度不同給予不同之授課方式，例如以建築系學生習慣的實作方式，帶領學生從自己建築設計之結構，從製作模型、電腦動畫、實際模型之震動試驗等，來了解整個建築結構系統，並增加學生的學習興趣。

在電腦繪圖課程方面，研究者在過去曾經教授過 AutoCAD、SketchUp、Revit、3D Max 等相關繪圖軟體，這四個繪圖軟體是建築系最常使用之繪圖軟體，其功能與學習難易度各有所不同，而本系之學生來源分屬不同科群(土木建築群、設計群、商業群)，在學習過程中有不同之學習進度，因此在教授過程中需要錄製操作過程，提升學生學習興趣。常用繪圖軟體 AutoCAD、SketchUp、Revit、3D Max 之教學使用心得分述如下

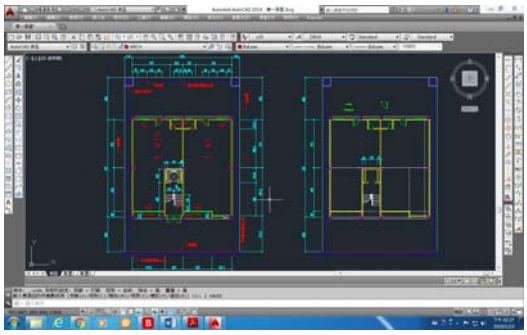
AutoCAD

CAD 是建築系學生必備技能之一，它可以繪製任意二維和三維圖形，和手繪相比，用 CAD 繪圖速度更快、精度更高，學習 CAD 的時候，掌握 CAD 的快速鍵是很重要的，快速鍵孰悉後可提高繪圖效率，一般學生都是拿來畫 2D 的平面圖，3D 較少使用是因為建模功能不強也沒有物理參數分析的緣故。

本研究者在 AutoCAD 教學過程中，如圖一、二所示，講解了 AutoCAD 基本的繪圖與編輯技巧，並應用於建築設計方面應用，全面詳盡的講述建築平面圖、立面圖和剖面圖等繪製步驟及重點，幫助您融會貫通，將 AutoCAD 運用得更加得心應手，讓同學具備繪製 2D 建築平面圖、立面圖和剖面圖，這些 2D 圖面可轉至 SketchUp、Revit、3D Max 等相關繪圖軟體，做為 3D 繪圖之先前作業，使 3D 建模更快速而解準確。



圖一 AutoCAD 立面圖教學範例

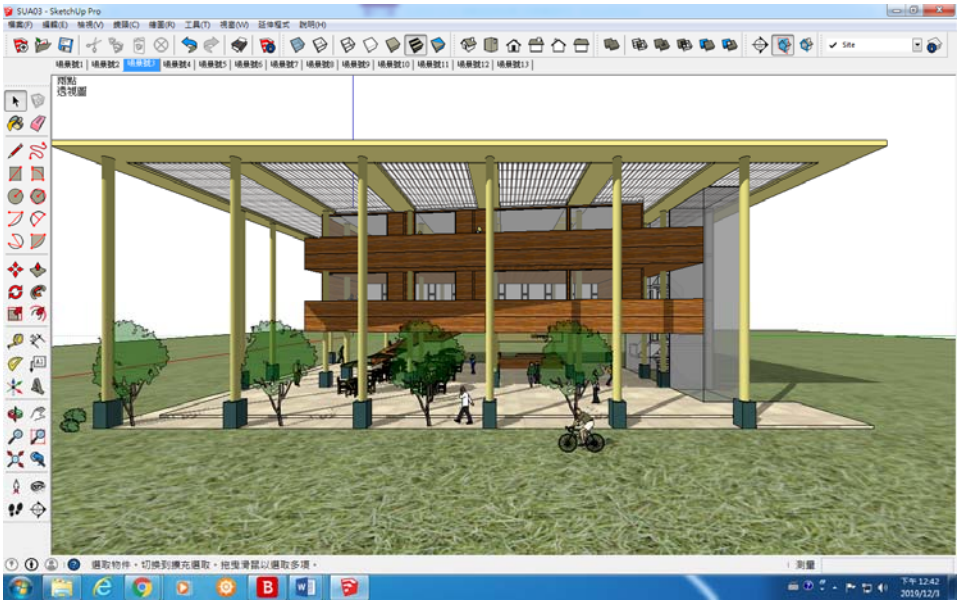


圖二 AutoCAD 平面圖教學範例

SketchUp

SketchUp 又稱草圖大師，顧名思義就是畫立體圖草圖，簡單易用，非常適用初學者想做立體圖案的學生。SketchUp 是個快速且易於使用的 3D 繪圖工具，可以幫助學生輕鬆製作出房屋、沙發等模型，可直接針對設計方案創作過程的設計工具，其創作過程不僅能夠充分表達設計師的思想而且完全滿足與客戶即時交流的需要，使得設計師可以直接在電腦上進行十分直接的構思創作，是 3D 建築設計方案創作的優秀工具。SketchUp 適合於設計師使用的軟體，讓軟體的操作不會成為使用者的障礙，讓設計師可以專注於設計本身，可根據實際的專案設計需求，先於 CAD 繪製精確尺寸之平、面圖，再匯入 SketchUp 軟體內進行 3D 造型設計，最後可將其 3D 輸出成圖片及動畫，完成整個專案之設計，並可清楚向業者說明其設計之造型。

本研究者在 SketchUp 教學過程中，如圖三所示，講解了 SketchUp 3D 建模實務的步驟流程，包含基礎指令操作、門窗元件建置、完整建構建築物模型步驟、模型彩現、圖檔輸出等。利用已完成的 2D 建築平、立面設計圖，匯入 SketchUp 軟體內進行 3D 造型設計，在建模步驟中清楚說明所應用的指令工具、操作訣竅，讓學生可以完整學習，以具有符合產業需求的 3D 建模專業實務及技能。



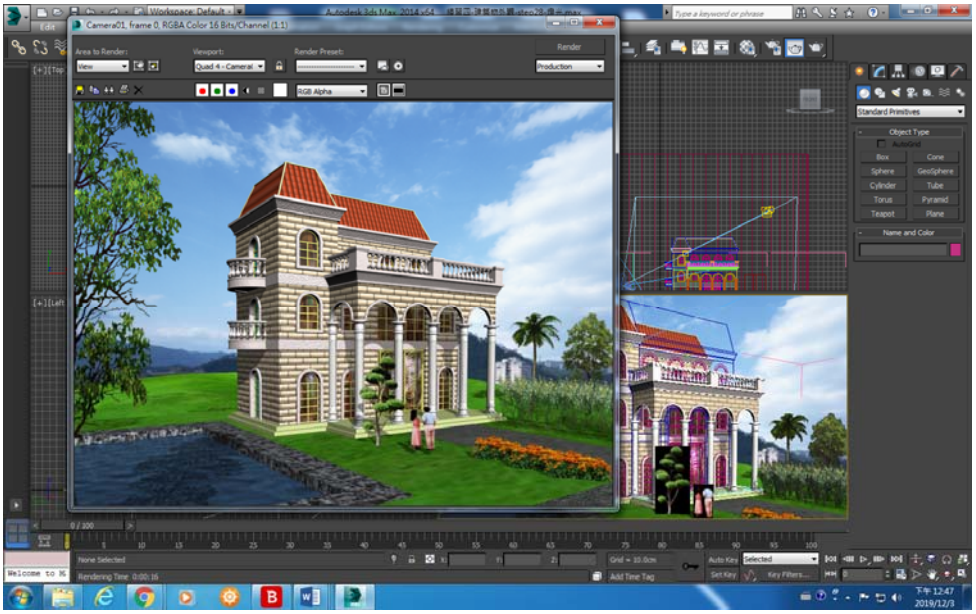
圖三 SketchUp 建築造型教學範例

3D Max

3ds Max Design 軟體是專門為建築師、設計師以及可視化專業人士而量身定製的 3D 應用軟體，其強項在於動畫和渲染。自從 SketchUp 出現後，SketchUp 幾乎取代了 3D Max 的位

置，因為 3D Max 操作起來比 SketchUp 比較複雜，且沒有繁體中文版，學生學習效果較差，但是 3D Max 有它自己的優勢，就是建築的建模會很精細，同時可以用 Vray for 3D max 直接渲染出效果圖，比 SketchUp 的感覺能更好一些，所以現在 3D Max 用來渲染出效果圖的比較多。

本研究者在 3ds Max 教學過程中，如圖四所示，講解了 3D Max 建模實務的步驟流程，包含 3ds max 的重點操作環境、建築元件建置、完整建構建築物模型步驟、模型彩現、圖檔輸出等。在建築設計上，用 AutoCAD 的平面與立面構圖搭配 3ds max，詳細說明 3ds max 建模的製作步驟，學習以 AutoCAD 圖檔在 3ds max 中繪製 3D 模型，能快速製作出實境模擬效果。

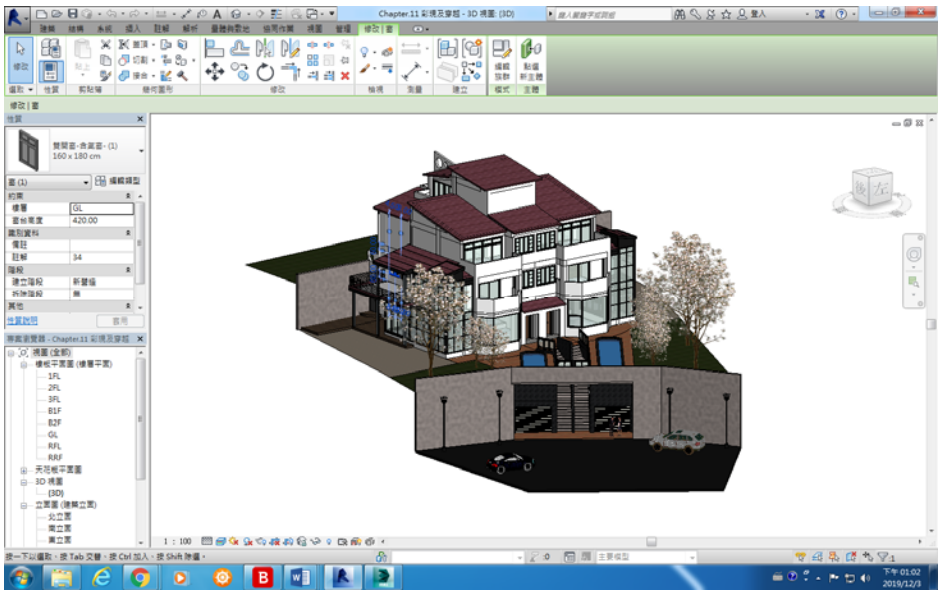


圖四 3D Max 建築造型教學範例

Revit

Revit 是 Autodesk 公司專為 BIM 技術應用而出品的一款三維參數化設計軟體，可供設計和施工專業人員以模型為基礎將構想從概念設計發展成施工成果，單一應用程式集成了建築、結構、機電三個專業的建模功能。Revit 導入 BIM 技術，以 3D 角度繪製相互連結圖面，每次的修改動作皆可以同步完成所有平面、立面、剖面及透視圖，並可偵測圖面之錯誤，因為模型資訊化，舉凡尺寸、面積、體積、數量、物料等資訊都非常容易取得與計算，而資訊也會隨著圖面的修改而同時變更，大幅減少修改之時間。

本研究者在 Revit 教學過程中，如圖五所示，從 Revit 基礎操作開始，然後進入實務繪圖技巧，如：樓層與網格、梁柱、牆、樓板、門窗、坡道、樓梯、扶手欄杆、屋頂、敷地等繪製。在 Revit 操作過程中，若建築物之造型複雜可能就比較難操作，但對於造型簡單之建築物可以很快建立 3D 模型，最重要是 Revit 在每次修改模型中，可以同步完成所有平面、立面、剖面及透視圖。



圖五 Revit 建築造型教學範例

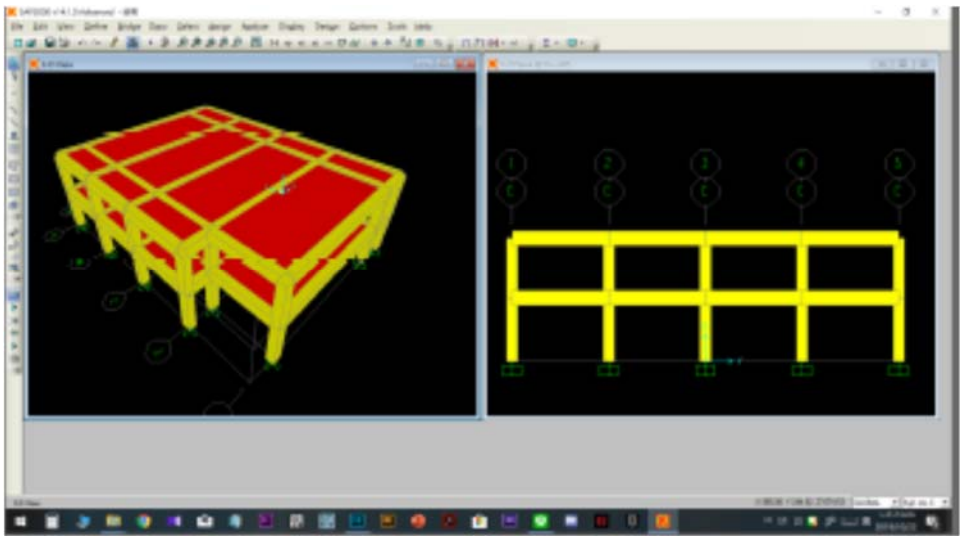
在結構相關課程方面，研究者在過去曾經教授過鋼結構概論、鋼筋混凝土、建築力學、建築結構學、結構概論、結構行為、建築構造二、建築結構系統與耐震概論、防震建築結構系統特論等相關課程。

本研究主題在提升建築設計之建築造型與結構之學習成效，在提升建築結構方面，擬利用建築結構分析軟體、建築模型製作、結構模型載重測試來增加學生之學習成效分述如下

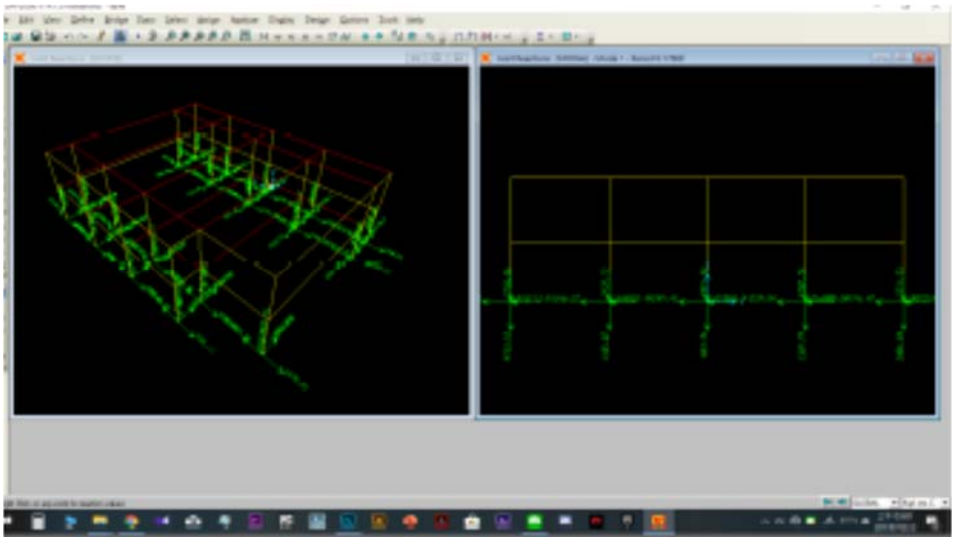
建築結構分析軟體

在建築結構方面，擬利用 SAP 2000 分析與設計軟體，SAP2000 是由 Edwards Wilson 創始的 SAP(Structure Analysis Program)系列程序發展 而來的，SAP2000 三維圖形環境中提供了多種建模、分析和設計選項，且完全在一個集成的圖形介面內實現，該程式是專門為建築結構所開發之軟體，可進行鋼筋混凝土斷面之配筋或鋼結構之斷面設計，亦為目前國際工程界普遍採用之商用結構設計分析軟體[4]，已將不同國家最新耐震技術及規範納入程式進行結構分析與設計。可進行非線性分析、消能減震、隔震，與非線性靜力側推分析法（Pushover Analysis）等等之設計。

本研究者在 SAP2000 教學過程中，如圖六、七所示，首先介紹結構分析和設計所需要之基本知識,再介紹 SAP2000 之架構與執行程序,最後使同學達到具有建築結構分析與設計之能力。以建立結構模型、建立材料性質、施加載重、分析結構受力與變形、設計結構斷面等，由淺而深，一步一步帶領學生迅速熟悉程式，完全於視窗環境下使用程式各項快速、強大的功能選項，所有分析結果亦全以圖形化方式呈現。



圖六 建築結構 SAP2000 建模教學範例

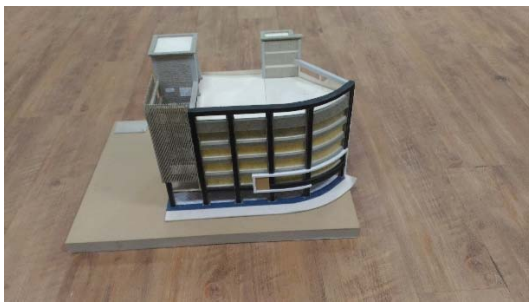


圖七 建築結構 SAP2000 分析教學範例

建築模型製作

模型製作是建築系學生及未來的建築師需要許多技能之一，用模型展示建築設計、室內設計能給予業主一種模擬實際樣貌的感受，學生透過製作模型使用頭腦與雙手進行製作的行為，深入對建築與空間構成的理解，製作立體的模型將自己所設計的圖面與結構轉換成實際的型式。模型就是最原始的三維示意圖，依據比例地看到各個細節，可在空間不同方向展現設計成果，這是再精良的圖表也做不到的事，但是製作模型很耗時間，因此製作模型之前必須充分掌握並訂出目的，不可沒計劃就貿然開工，而應針對目的、製作所需時間、表現程度與費用等，事先評估，覺得合理才實施，例如製作一些簡單的組構、黏合的模型，可以在作整體模型以及建築設計時提供一個設計上的參考。

本研究者在模型製作教學過程中，如圖八、九所示， 首先介紹模型製作的宗旨與目的，以及如何進行準備。其次介紹建築基地與基地周邊模型的製作方法、建築本體模型的製作方法，乃至於外構模型如何製作等等，最後還包括點景與室內模型的製作方法。



圖八 建築模型教學範例

圖九 建築模型教學範例

結構模型載重測試

研究者所任教之科技大學建築系學生對數學普遍存有抗拒感，在開始接觸結構之前就已先認定結構很難的印象，建築結構在建築領域的學習過程中，常讓學生心生恐懼，因此引起學生對結構的興趣，可能才是結構教學中最大的挑戰。在學習建築的過程中，培養結構直覺，比熟練結構計算來得重要，結構直覺的養成過程中若能適當搭配電腦輔助分析與結構模型之製作，並加已施加載重測試以確認建築結構之安全，可提升學生結構系統的理解。

本研究者在建築模型載重測試教學過程中，如圖十、十一所示，製作縮尺模型是常見且實用的替代方式，模型構築相對快速而節省成本，同時便於配合實驗設計測試結構性能之表現，在結構教學的不同階段適當地結合實作或實驗，能夠強化知識的吸收、培養初學者的結構直覺、訓練進階者的應用能力，對建築系學生而言，結構直覺與應用能力能讓他們更容易在建築設計中整合結構思維

圖十 無斜撐結構模型教學範例

圖十一 斜撐結構模型教學範例

綜合上述之教學經驗，本研究在提升建築設計之建築造型與結構之學習成效，擬定由 3D 軟體建築造型之學習成效、建築結構分析軟體之學習成效、建築模型製作之學習成效、結構模型載重測試之學習成效等四個面向，利用行動研究法與層級分析法進行，以電腦輔助設計及結構相關課程導入 3D 建模軟體建立建築物的造型與進行結構設計，最後利用層級分析法，分析「提升建築設計之建築造型與結構之學習成效用」之關鍵因素，分析結果可供日後教學之參考

2. 文獻探討(Literature Review)

本研究以行動研究法與層級分析法分析「提升建築設計之建築造型與結構之學習成效用」，相關文獻探討如下

建築設計之建築造型與結構

在台灣的大學所操作的建築設計教學內容與程序多半與建築師執業者的設計流程 [5]，從基地規劃起，依序而空間機能規劃、空間氛圍、造形與美學風格、結構與構造施工等 [6]，在技職體系之科技大學，應配合既有的實驗室設備，透過師資專長開設課程建築造型與結構相關課程，以提升建築設計之建築造型與結構教學與實踐的可能性。

建築設計通常需要滿足機能、造型、構成與經濟等，對於造型是建物量體型態與開口比例，也涉及材料質感與視覺表現，課程如建築設計、建築材料、建築欣賞、與建築史；對於構成是使建築物得以實存的必要技術條件，課程如結構學與系統、構造與施工、建築設備等。建築結構與造型的有效鍵結，是最自然與和諧的設計，造型有不同的意涵需求，而建築師為滿足這樣的意涵，就必須要能結合結構系統的特色，將建築整合出一個可行的設計。但由於結構系統是由許多元件或桿件組合而成，因此必須對這些元件以及系統的行為有足夠的了解，才能夠善用不同的結構系統。現今建築產業分工制度下，建築結構的設計多由結構技師負責，並建議適當的結構系統供建築師採用，但建築師也必須對結構有充分的認知，才能將設計的構想實現，建築師只需具備概念性的結構認知能力，成為今日業界的共同看法，至於概念性的認知能力要如何養成，即有不同的學派主張，有人強調要有基本的力學計算練習後，才能培養 結構系統的能力；另一端則覺得只要去業界磨個幾年就有足夠的結構概念，介於其間的不同思考學派則諸說紛紜、莫衷一是[7]。建築雖為專業的分工，然而建築師仍為統合的主導者，結構與建築物之優劣息息相關，建築師雖不一定要精通於結構的分析計算，但針對系統及規劃的素養與能力則不可或缺。有良好的結構素養，在設計過程中能將空間配置造型與結構類型一併思考，將更能達成卓越與安全的創作。

在日本的建築工作環境強調利用結構模型，從研究到進化結構設計的過程[8]，認為做結構設計的人都必須先製作模型的基本功，因為從製作模型的過程中，體會到模型結構的變形傾向與可能破壞的狀態，進而得知結構模型是否正確承載力量或者是否需要被再次調整結構行為。

臺灣各大學建築系建築設計教學多見於基地與空間形式，習慣以社會人文關懷、主題式議題與創意表現作為創新思維之量測面向，用來審視「社會人文議題與創意取向」、或「空間建構與基地取向」[6]。技職教學型大學之建築系應有別於高教研究型大學之建築系，建築造型與結構教學或許是一個契機，讓設計教學過程上多一種可能性。

行動研究法

行動研究，就是把「行動」跟「研究」這兩個理念結合在一起[9]，行動研究是由勒溫（K. Lewin）首先創用，指將科學研究者與實際工作者之能力與智慧，結合在一件合作事業上之方法。陳伯璋[9]認為，行動研究法是研究和行動結合的一種研究方法；即情境的參與者（如教師）基於解決實際問題的需要，將問題發展成研究主題，進行有系統的研究，講求實際問題之解決的一種研究方法。行動研究主要在結合研究和行動，研究者即行動者，透過不斷的反省、思考、再計畫的過程，促使研究者不斷聚焦問題，進而解決問題。[10]。行動研究的主要特徵[11]

（1）以實務問題為主要導向

（2）重視實務工作者的研究參與

（3）從事行動研究者的人就是應用研究結果的人

（4）行動研究情境就是實務工作情境
（5）行動研究過程重視協同合作
（6）強調問題解決的立即性
（7）行動研究的問題具有情境特定性
（8）行動研究的計畫是屬於發展性的反省彈性計畫
（9）行動研究所獲得的結論，只適用於特定實務工作情境的解放，其目的不在於作理論上一般的推論。
（10）行動研究的結果，除了可改進工作情境之外，同時也可以使實際工作人員獲得解決問題的經驗，促進專業成長。

在教育研究領域當中，「行動研究」強調以學校或教室內亟待改進的實際教學活動為研究內容[12]，以改進教育活動為目的。因此，在研究當中採取改革行動，在行動當中實施研究，極適合教師使用，因此，有所謂的「教師即研究者」的教育改革理念，就是「行動研究」的特色之一。蔡清田 [12]具體指出行動研究的歷程，包括確定研究的問題領域焦點、規劃解決問題的行動方案、尋求合作伙伴、採取行動實施監控與蒐集資料證據、並進行評鑑與回饋、發表行動研究成果等，一方面闡述行動研究的功能，可以促進實務工作者的專業發展，協助實務工作者成為研究者。藍冠麟[13]以行動研究法，進行地方文創專題導向的數位影音剪輯課程之教學實踐研究，發展出在地文創概念融入數位影音剪輯教學課程的方案並行動之。透過訪談法、學習日誌、學習歷程檔案分析及同儕評量進行資料搜集，探討學生在修習「數位影音剪輯」科目後，對教育專業知能的學習情形，以瞭解專題導向學習對研究樣本的學習成效及認知內涵。

層級分析法

層級分析法為美國匹茲堡大學教授 Saaty 於 1971 年所發展出來，主要應用在不確定情況下及具有多數個評估準則的決策問題上。層級分析法發展的目的是將複雜的問題系統化，由不同層面給予層級分解，並透過量化的運算，找到脈絡後加以綜合評估展；並於 1972 年在美國國家科學基金會資助下，進行各產業電力合理分配的研究；1973 年，Saaty 將 AHP 法應用在蘇丹運輸研究後，整個理論才趨成熟；其後在 1974 年至 1978 年間，經不斷應用修正及證明後，使得整個理論更臻完備。經過 Saaty 不斷修正，於 1980 年提出一套完整的方法論[14]。

層級分析法(Analytic Hierarchy Process)簡稱 AHP，用意是將複雜的問題系統化，並且藉由不同的層面將層級分解，透過量化的方式整合結果加以評估，使決策者能釐清條理分明的分析問題提供適當資訊，同時降低決策錯誤的風險。層級分析法具有下列三項優點[15]：
(1) 理論簡單，使用容易且具系統性，在實務上已被廣泛應用。
(2) 相關評估因素納入系統完整的層級架構中，可清楚的瞭解不佳之處，作為日後改善之參考。
(3) 將相關準則的因素納入評估架構中，使評估更容易可行，且能具體的表示出各因素優先順序。

模糊層級分析法常被應用於不同領域之研究，以下為本研究者過去指導研究生之相關文獻

王嘉宏[16]利用模糊層級分析法來分析提升室內裝修業綠建材使用之關鍵因素，討論室內裝修業綠建材使用的現況與問題，然而歸納出成功的關鍵因素評估因子，其結果可供未來政府或室內裝修業者參考。李宗霖、陳金秋[17]利用模糊層級分析法來分析提升騎樓整平計畫成功之關鍵因素，分析結果顯示使用模糊層級分析法分析關鍵因素排序，以「影響出入及收入」、「預算」、「管理維護」、「配合意願」為重要的 4 個關鍵成功因素。林文山、李宗霖、廖健盛[18] 利用模糊層級分析法來分析提升室內住宅裝修客製化櫃體建構之關鍵因素，分析結果顯示使用模糊層級分析法分析關鍵因素排序，以「價格考量」、「功能考量」、「建材優劣」、

「消費者要求」為重要的關鍵成功因素。

3. 研究問題(Research Question)

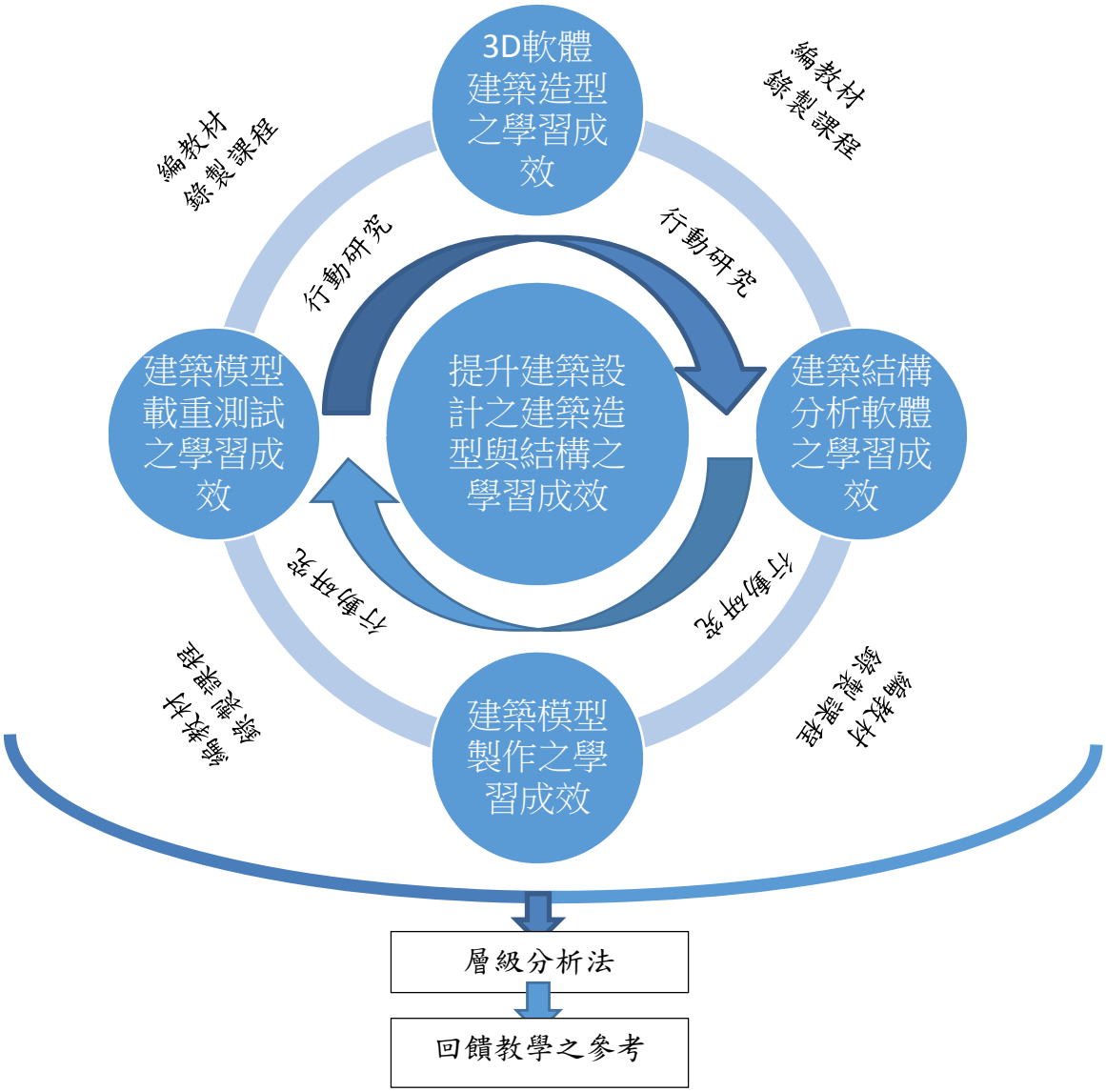
建築設計為建築系各年級之必修科目，且為各學科之綜合表現，並為判斷學生學習能力之綜合指標；建築設計主要是解決功能、美觀、造型與適用的問題，而建築結構是解決安全問題，依據建築造型與尺寸等資料進行結構分析，驗算各斷面的強度和剛度，以確定建築之安全性，因此一個好的建築是建築造型和結構設計相互密切配合的結果。在建築造型表現上，除了傳統上以 AutoCAD 進行平、立、剖 2D 表現外，現今數位軟體之發達，直接利用 3D 建模軟體建立建築物的造型，可方便直覺表達設計者之設計理念，在建築與室內設計相關行業中，3D 建模軟體以 SketchUp、Revit、3D Max 使用最多[1]。在建築結構方面，一般使用 SAP 2000 或 ETABS 分析與設計程式，該程式是專門為建築結構所開發之軟體，可進行鋼筋混凝土斷面之配筋或鋼結構之斷面設計，利用 SAP 2000 或 ETABS 設計後，可依據設計結果繪製施工圖。

建築造型與建築結構是建築設計所必需，本研究試圖以電腦輔助設計及結構相關課程導入 3D 建模軟體建立建築物的造型與進行結構設計，使學生在建築設計上能夠充分了解造型與結構之關係，才能創造合理、美觀、適用之建築物；為了讓學生畢業後能夠找到很好的發展方向，銜接科技發展快速的職場，在傳授知識給學生的同時，努力嘗試運用不同的創新教學方法，在不斷摸索中提高教學品質，培養大學生的學習積極性和自主學習能力。研究者在教學工作中不斷探索挖掘，試圖找出適合不同背景類型學生的教學方法，力求培養出更多優秀的人才。

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

(一) 研究說明

本研究以行動研究法與層級分析法進行，以電腦輔助設計及結構相關課程導入 3D 建模軟體建立建築物的造型與進行結構設計，以研究者所教授的「電腦輔助設計及結構相關」科目之學生為對象預計共約 35 名。利用行動研究法，提供在行動研究上一種可行的實證做法。透過課程討論、教材及錄製教學影像檔、學生學習回饋單、學習歷程檔案分析等，探討學生在修習「電腦輔助設計及結構相關」科目後，對提升建築設計之建築造型與結構之學習成效情形。利用層級分析法，在課程結束前擬以修課同學為樣本，分析「提升建築設計之建築造型與結構之學習成效用」之關鍵因素，分析結果可供日後教學之參考。研究架構如圖十二所示。



圖十二研究架構圖

(二) 行動研究法

研究者將實地參與教學實踐研究，讓學生藉由理論與實踐結合的系列課程，培力學生具備建築造型與建築結構之建築設計能力；故而選擇行動研究，體現此中教育情境自然發展的價值，是為採用行動研究的理由。

本研究係採行動研究的精神與概念，來探究「電腦輔助設計及結構相關課程」課程的教學與學習歷程。整體研究是屬於在發展過程中的研究設計，強調在事件發生的過程中，以研究者所浮現的關切問題為基礎去發展介入的策略，以解決實際現象場的問題。行動研究主要的目的是用來幫助改善在各種不同工作場所的專業實務[9]，因此，除了實務更強調實踐；實踐是知其然的、有意圖的投入於行動中，著重獲得知識，而非僅止於一個成功的行動而已。基於此，為觀察、分析、反思學員的學習感受與應用情形，基於上述論點，行動研究者所要蒐集的資料是相當多元的，本研究從四個面向來探討「提升建築設計之建築造型與結構之學習成效」，四個面向分別為

1 3D 軟體建築造型之學習成效：3D 軟體建築造型讓建築可視化，提升建築造型的多樣化，並可透過建築模型與業主直接溝通，減少與業主之代溝，亦即，業主要的建築，設計者能無差別的產出。

2 建築結構分析軟體之學習成效：電腦結構分析，建築結構是解決安全問題，依據建築造型

與尺寸等資料進行結構分析，驗算各斷面的強度和剛度，以確定建築之安全性，因此一個好的建築是建築造型和結構設計相互密切配合的結果

3 建築模型製作之學習成效：，透過結構模型表現並理解結構系統，利用模型實作來輔助結構整合建築，製作模型的過程中，體會到模型結構的變形傾向與可能破壞的狀態，進而得知這樣的結構模型是否正確承載力量或者是否需要被再次調整結構行為。

4 結構模型載重測試之學習成效：結構模型可以快速的檢視結構是否能夠站立起來，結構是否穩定，這些結構模型經由載重測試或振動台測試，可確認建築結構系統之合理性與安全性，對學生應有很大的幫助。

本研究針對上述四個面向，在行動研究方法，茲說明如下：

1 學生學習記錄：實施教學實踐行動研究時，透過「課堂記錄」的方式紀錄學生學習的狀況，作為資料分析素材，整體課程包含「電腦輔助設計及結構相關課程」的教學歷程，學習過程中引入業師參與諮詢，增加同學業界建築操作能力。

2 習問卷調查：透過量化調查方式包括，透過選修「電腦輔助設計及結構相關課程」施予問卷調查，藉以了解學生對課程滿意程度與學習狀況。

3 教材及錄製影像檔：編寫教材及錄製教學影像檔，好的教材是引導教學的關鍵因素，也相對決定學生對於本課程的學習成效，對於實作性之課程，常需以操作影像檔加以輔助，以提升學生學習成效。

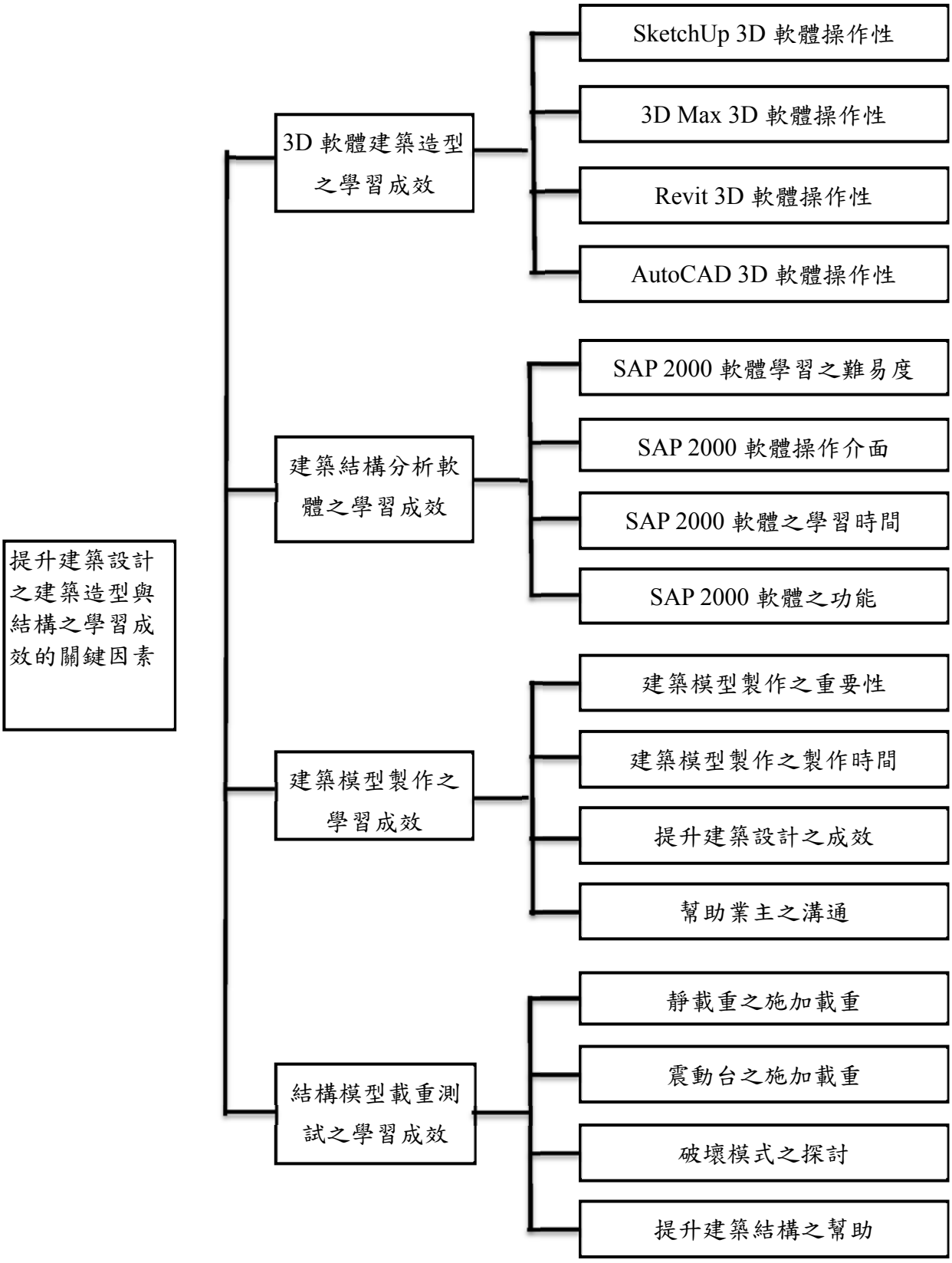
(三) 層級分析法

本研究先利用 Fuzzy AHP 找出提升建築設計之建築造型與結構之學習成效的關鍵因素，評估各項關鍵因素提升建築設計之建築造型與結構之學習成效，做為日後教學之參考。本研究層級分析之程序架構共分為四大層級，如圖十三所示。

因應用模糊層級分析法之特性，本研究針對已歸納出的關鍵因素進行兩兩成對比較，以得知彼此間的相對重要性。而在評估尺度基本上則各劃分為五個等級，且賦予 1、3、5、7、9 的衡量值，另外介於五個基本評量尺度間有四個等級，亦賦予 2、4、6、8 的衡量值。其中值得注意的是靠左之尺度代表左列因素重要大於右列因素，反之靠右之尺度表示右列因素重要大於左列因素。問卷調查對象，擬為修習「電腦輔助設計及結構相關課程」課程之學生。本研究之詳細問卷內容請見附錄，以下範例說明。您認為下列四項評估因素（3D 軟體建築造型之學習成效、建築結構分析軟體之學習成效、建築模型製作之學習成效、結構模型載重測試之學習成效）對提升建築設計之建築造型與結構之學習成效的關鍵因素顯著相對重要性如何？

※如果您認為「3D 軟體建築造型之學習成效」頗強於「建築結構分析軟體之學習成效」，則請您在左方頗強 5 打「✓」，如下所示：

	絕強 9	極強 7	頗強 5	稍強 3	等強 1	稍強 3	頗強 5	極強 7	絕強 9	
3D 軟體建築造型之學習成效	□	□	☑	□	□	□	□	□	□	建築結構分析軟體之學習成效

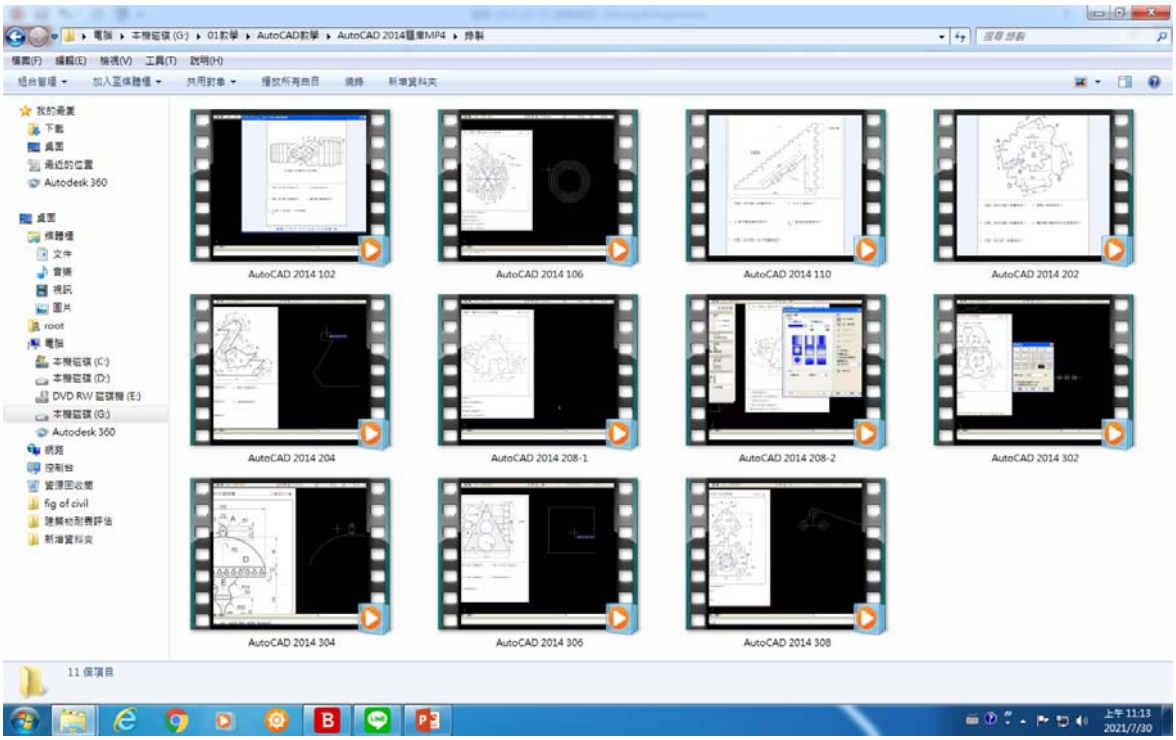


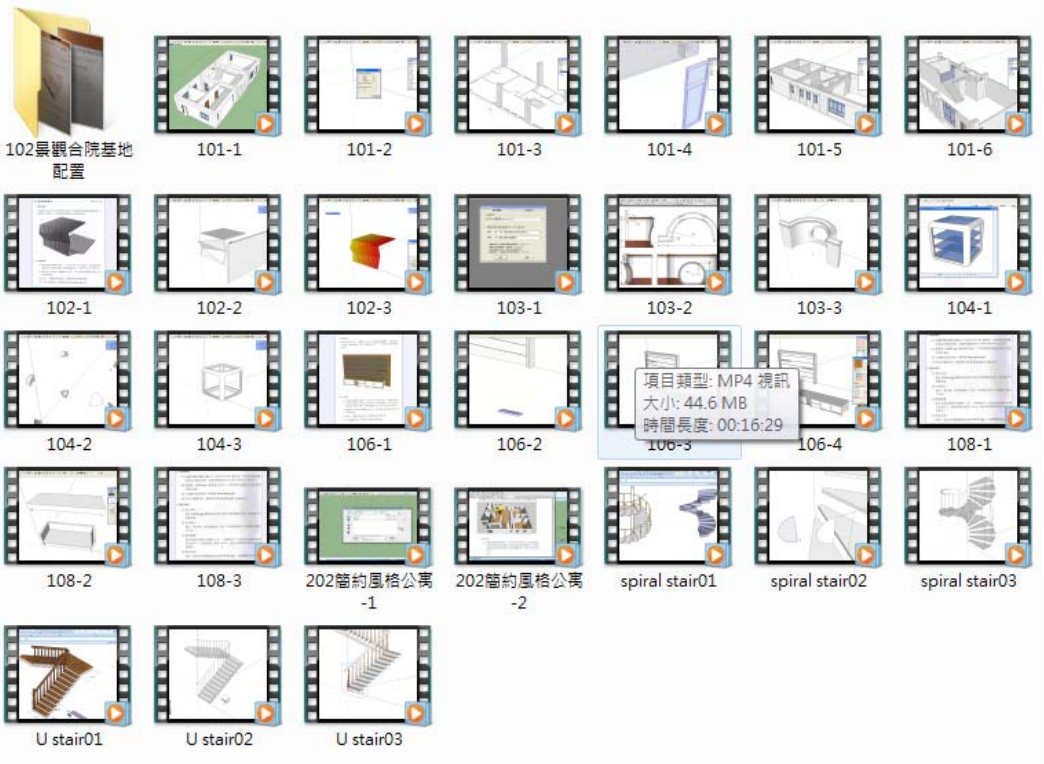
圖十三 本研究層級因素架構圖

5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

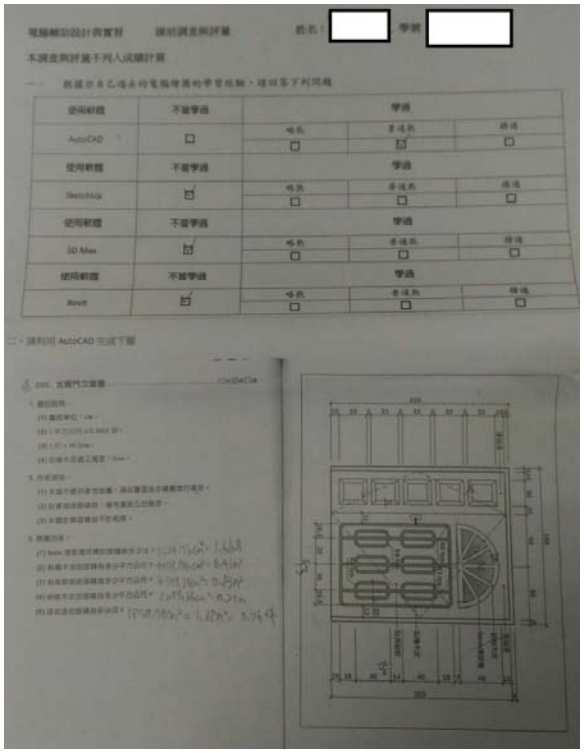
(a) 教材製作與錄製



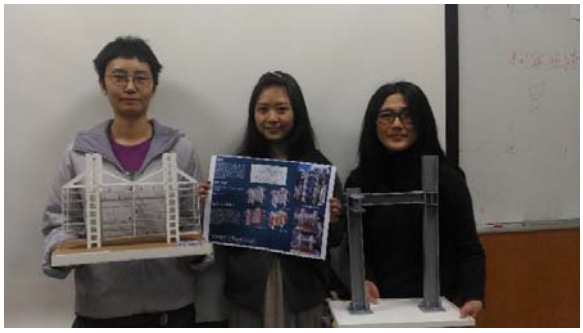


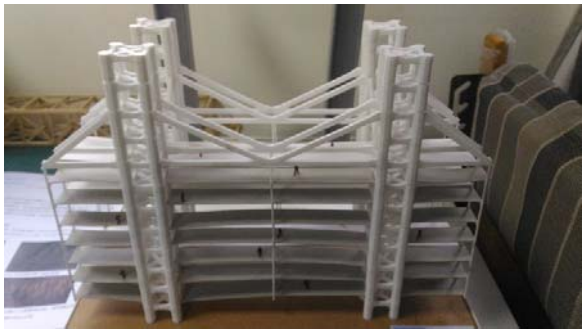
(b) 學生學習記錄

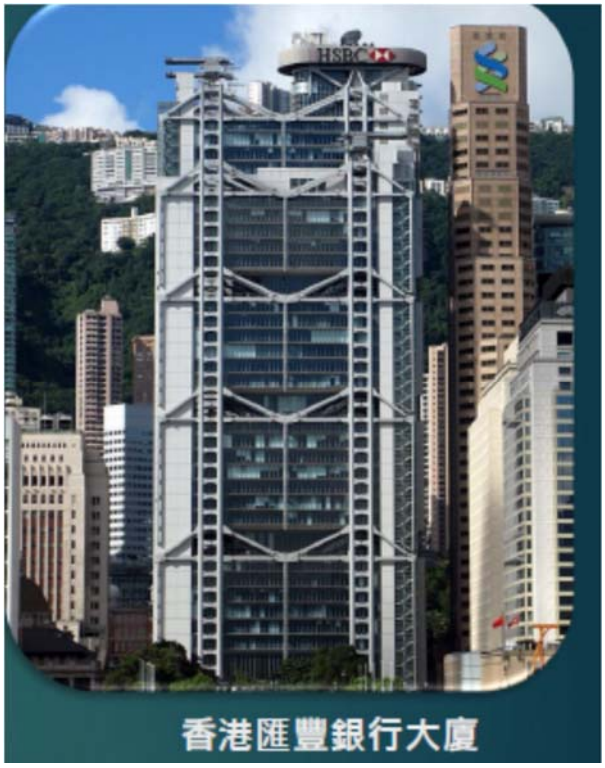
課前學習調查與測驗

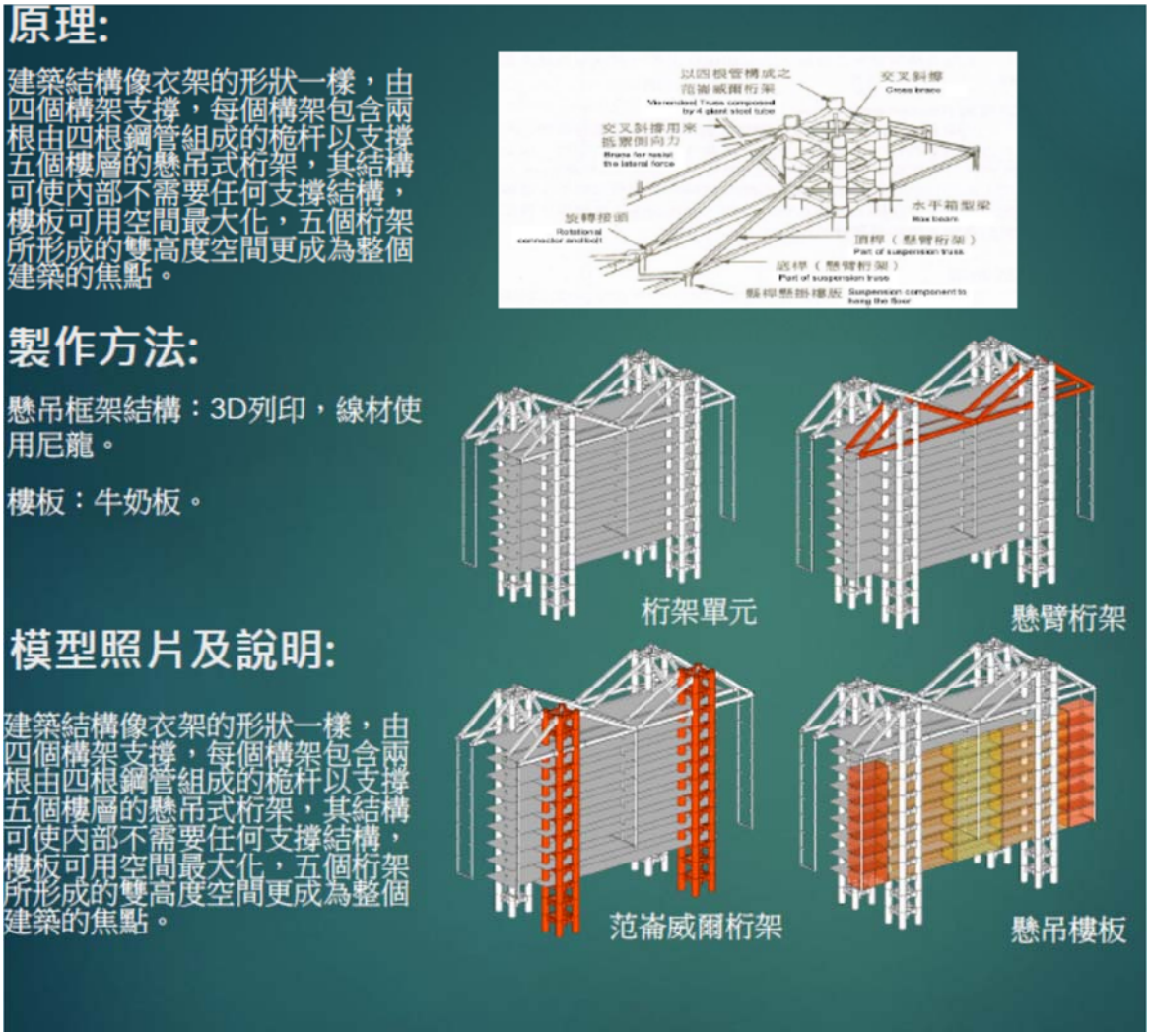


模型製作成果與討論



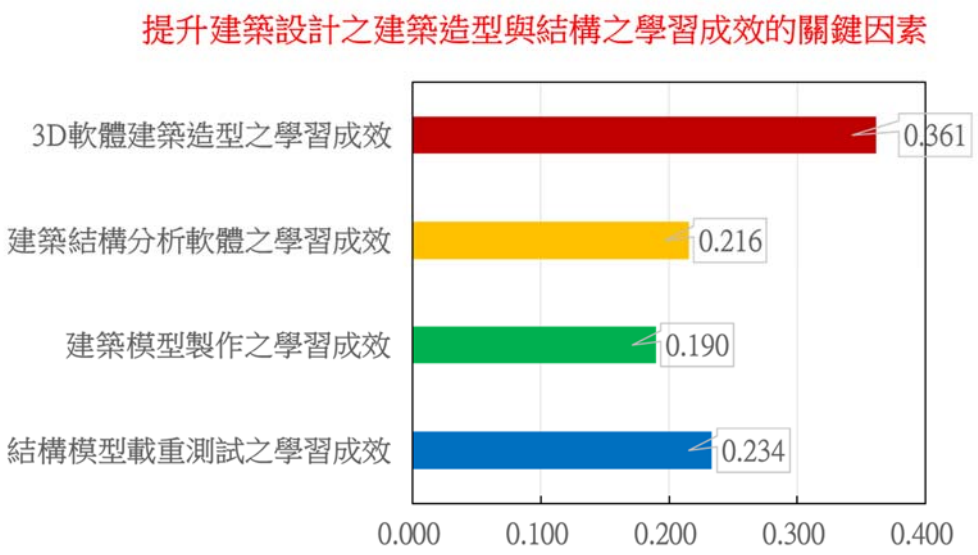


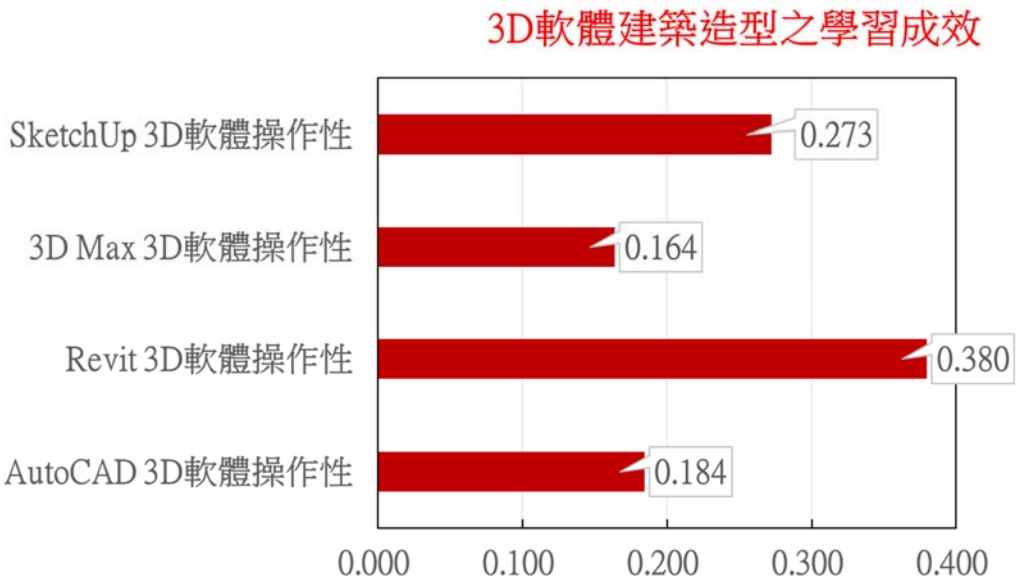

香港匯豐銀行大廈

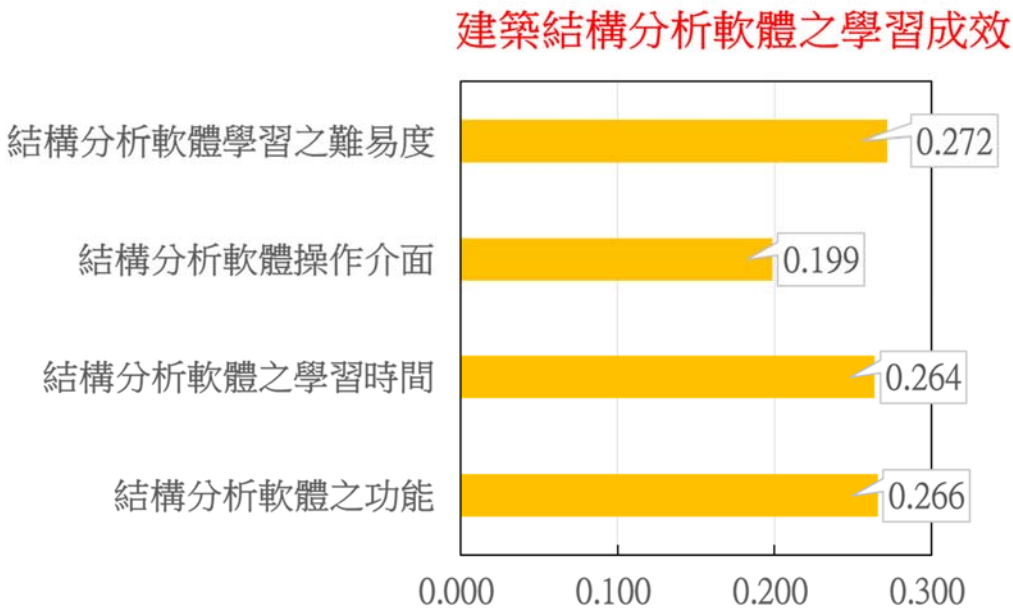

原理:
建築結構像衣架的形狀一樣，由四個構架支撐，每個構架包含兩根由四根鋼管組成的桅杆以支撐五個樓層的懸吊式桁架，其結構可使內部不需要任何支撐結構，樓板可用空間最大化，五個桁架所形成的雙高度空間更成為整個建築的焦點。
製作方法:
懸吊框架結構：3D列印，線材使用尼龍。
樓板：牛奶板。
模型照片及說明:
建築結構像衣架的形狀一樣，由四個構架支撐，每個構架包含兩根由四根鋼管組成的桅杆以支撐五個樓層的懸吊式桁架，其結構可使內部不需要任何支撐結構，樓板可用空間最大化，五個桁架所形成的雙高度空間更成為整個建築的焦點。
交叉斜撐
水平箱型梁
桁架單元
懸臂桁架
范崙威爾桁架
懸吊樓板

模型載重測試

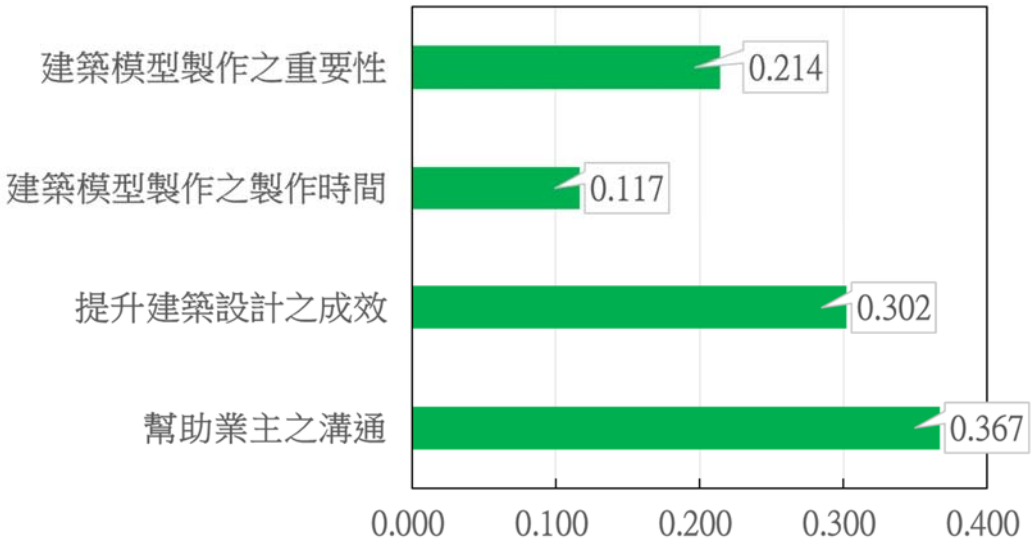
(c) 提升建築設計之建築造型與結構之學習成效的關鍵因素-FAHP



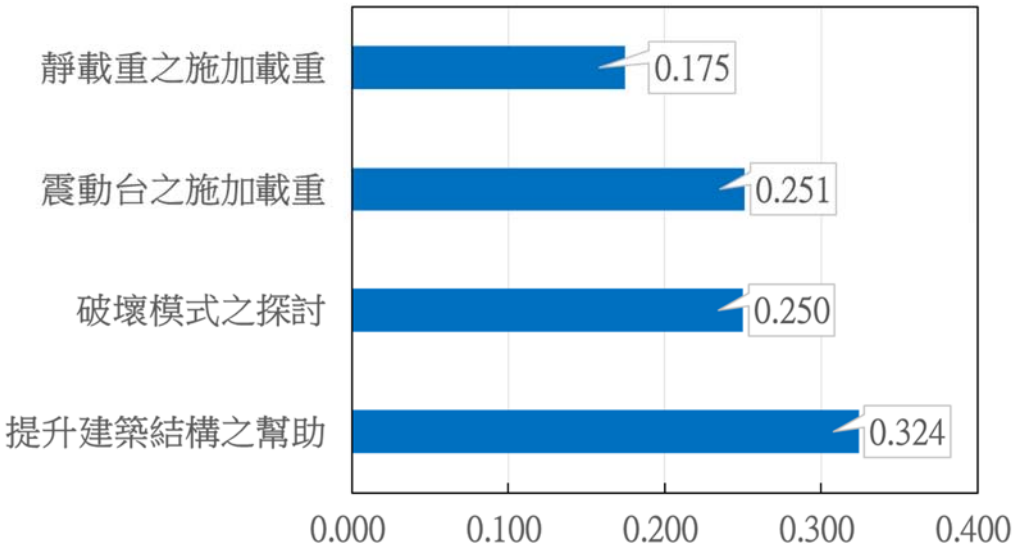

3D軟體建築造型之學習成效
SketchUp 3D軟體操作性
0.273
3D Max 3D軟體操作性
0.164
Revit 3D軟體操作性
0.380
AutoCAD 3D軟體操作性
0.184
0.000
0.100
0.200
0.300
0.400

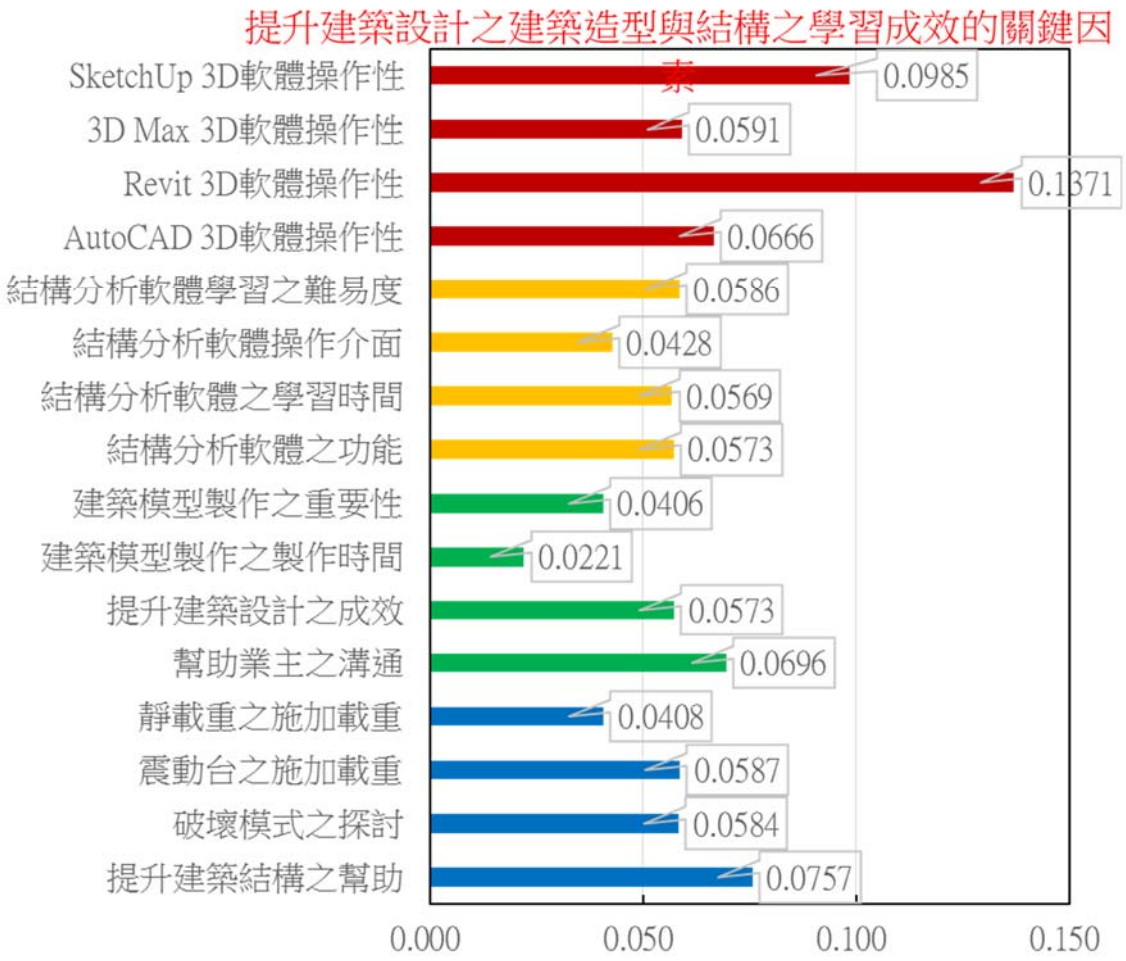

建築結構分析軟體之學習成效
結構分析軟體學習之難易度
0.272
結構分析軟體操作介面
0.199
結構分析軟體之學習時間
0.264
結構分析軟體之功能
0.266
0.000
0.100
0.200
0.300

建築模型製作之學習成效



結構模型載重測試之學習成效





(2) **學生學習回饋**

建築結構造型課程學習成效與滿意度調查

	題目	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意
「建築結構造型」課程**學習成效**	1 課程的設計有助於我提升建築設計之能力	23	9	3	0	0
	2 課程有助於提升我對於建築結構的學習興趣與動機	21	9	5	0	0
	3 課程協助我學會使用結構分析軟體	20	10	5	0	0

	4 錄製教學影片以提升學生學習成效	25	8	2	0	0
	5 模型製作以提升學生學習成效	26	8	1	0	0
「建築結構造型」課程滿意度	6. 我對課程的準備與規劃感到滿意	24	8	3	0	0
	7. 我對課程的引導問題感到滿意	20	10	5	0	0
	8. 我對教師的教學方式感到滿意	22	10	3	0	0
	9. 我對教師教學評量方式感到滿意	24	9	2	0	0
	10. 整體而言我對於「建築結構造型」課程感到滿意	23	9	3	0	0

三維空間電腦模擬課程學習成效與滿意度調查

	題目	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意
「三維空間電腦模擬」課程**學習成效**	1 課程的設計有助於我提升建築設計之能力	23	10	2	0	0
	2 課程有助於提升我對於建築造型的學習興趣與動機	22	10	3	0	0

	3 課程協助我學會使用 3D 建模軟體	24	10	1	0	0
	4 錄製教學影片以提升學生學習成效	26	9	0	0	0
	5 模型製作以提升學生學習成效	27	7	1	0	0
「三維空間電腦模擬」課程滿意度	6. 我對課程的準備與規劃感到滿意	25	9	2	0	0
	7. 我對課程的引導問題感到滿意	22	9	4	0	0
	8. 我對教師的教學方式感到滿意	24	10	1	0	0
	9. 我對教師教學評量方式感到滿意	25	8	2	0	0
	10. 整體而言我對於「三維空間電腦模擬」課程感到滿意	24	9	2	0	0

6. **建議與省思(Recommendations and Reflections)**

(a) 明確告訴同學修課的動機與課前調查
(b) 歷年學長姐期末作品的展示，讓同學知道要做什麼
(c) 讓同學信任老師，搞好師生關係，Line 群組關心學生
(d) 學生不在乎成績高低，能引起學生學習動機甚為重要
(e) 學生出席率很重要，追蹤進度，增進師生交流
(f) 錄製影像檔方便同學操作很重要，可隨時方便學生學習
(g) 3D 造型之軟體以 SketchUp 和 Revit 同學教能接受

(h) 模型製作與載重測試能引起同學興趣

(i) 練習、作業、測驗、追蹤成效

參考文獻(References)

[1] 李宗霖、林世杰(2019)，三維電腦繪圖在室內空間設計渲染表現比較之探討，2019 建築工程與環境設計研討會。

[2] 聯邦工程顧問有限公司、李森枏(2004)，ETABS 入門與工程上之應用，科技圖書。

[3] 杜怡萱(2019)，結構實境：整合實作的結構教學與研究方法論，五南出版社。

[4] 聯邦工程顧問有限公司、李森枏(2005)，SAP2000 結構設計實務，科技圖書。。

[5] 王紀鯤（1997），建築設計教與學，茂榮圖書公司，台北。

[6] 董皇志(2010)，構造設計之於建築設計教學之論述，朝陽學報,15,p.245-262

[7] Francis D. K. Ching (2016)，圖解建築結構：樣式、系統與設計，易博士文化。

[8] 陳冠帆(2016)，從日本建築與事務所教育看結構與設計教學整合，臺灣建築學會會刊雜誌。201607

[9] 陳伯璋(1987)課程研究與教育革新。臺北市：師大書苑。

[10] 歐陽淑卿（2004）。以音樂欣賞進行音樂治療之行動研究。國立東華大學教育研究所碩士論文，花蓮市。

[11] 蔡清田（2000）教育行動研究。台北：五南圖書公司。

[12] 蔡清田（2015），行動研究的功能限制與關鍵條件。T&D 飛訊第 209 期

[13] 藍冠麟（2018），地方文創專題導向的數位影音剪輯課程之教學實踐研究，臺北。

[14] Saaty, T. L. (1980), The Analytic Hierarchy Process, 9th ed. New York: McGraw Hill

[15] 許千純（2018），提升陶粒混凝土墻板於住家裝修使用之關鍵因素，中華科技大學建築研究所碩士論文，台北。

[16] 王嘉宏(2016)，提升室內裝修業綠建材使用之關鍵因素，中華科技大學建築研究所碩士論文，台北。

[17] 李宗霖、陳金秋(2019)，提升騎樓整平計畫成功之關鍵因素，2019 建築工程與環境設計研討會，台北。

[28] 李宗霖、陳金秋(2019)，提升室內住宅裝修客製化櫃體建構之關鍵因素，2019 建築工程與環境設計研討會，台北。

附件(Appendix)

FAHP 問卷

「提升建築設計之建築造型與建築結構之學習成效」之關鍵因素

親愛的同學您好：

這是一份學術研究計劃，要瞭解您對**「提升建築設計之建築造型與建築結構之學習成效之關鍵因素」**的看法，為了使研究更完整，請撥冗完成以下問卷填寫，協助本研究計劃之進行。感謝您對本研究的投入與配合，由於您的參與，使本研究能獲得寶貴的資料，這些資料正是本研究成功與否的關鍵。

本研究在提升建築設計之建築造型與結構之學習成效，擬定由「3D軟體建築造型之學習成效」、「建築結構分析軟體之學習成效」、「建築模型製作之學習成效」、「結構模型載重測試之學習成效」等四個面向，各個面向中有其學期成效之關建因子，如附件一所示，分析結果可供日後教學之參考。

本研究先利用Fuzzy AHP找出提升建築設計之建築造型與結構之學習成效的關鍵因素，**評估各項關鍵因素提升建築設計之建築造型與結構之學習成效，做為日後教學之參考**。

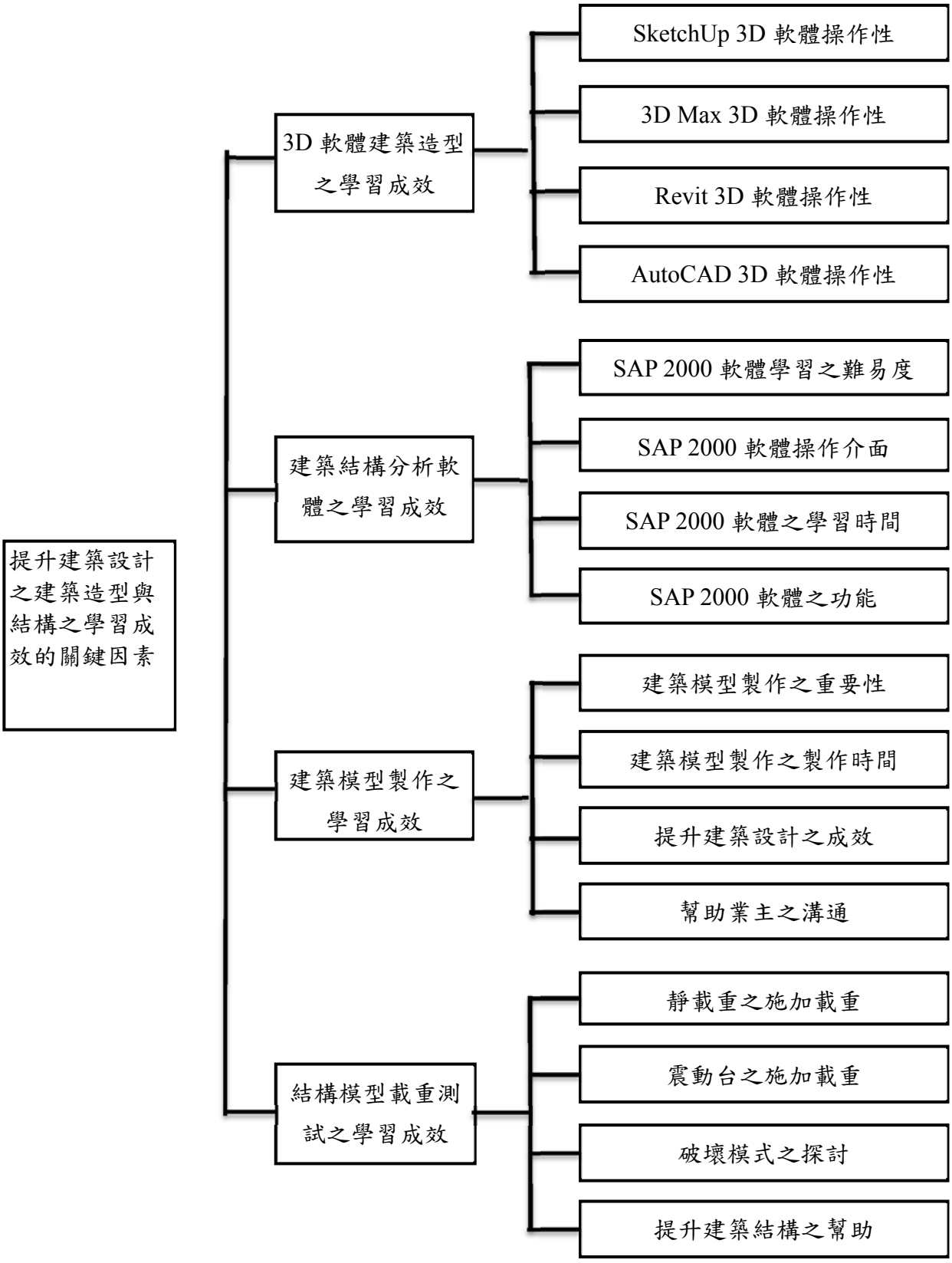
您所填寫的資料僅供學術研究之用，不對外公開，而您的寶貴意見，將使本研究更具有價值，誠懇的感謝您！

敬祝

順頌

中華科技大學建築系

計畫主持人：：林文山 博士


提升建築設計之建築造型與結構之學習成效的關鍵因素
3D 軟體建築造型之學習成效
SketchUp 3D 軟體操作性
3D Max 3D 軟體操作性
Revit 3D 軟體操作性
AutoCAD 3D 軟體操作性
建築結構分析軟體之學習成效
SAP 2000 軟體學習之難易度
SAP 2000 軟體操作介面
SAP 2000 軟體之學習時間
SAP 2000 軟體之功能
建築模型製作之學習成效
建築模型製作之重要性
建築模型製作之製作時間
提升建築設計之成效
幫助業主之溝通
結構模型載重測試之學習成效
靜載重之施加載重
震動台之施加載重
破壞模式之探討
提升建築結構之幫助

本研究層級因素架構圖

本研究從四個面向來探討「提升建築設計之建築造型與結構之學習成效」，四個面向分別為
1 3D 軟體建築造型之學習成效：3D 軟體建築造型讓建築可視化，提升建築造型的多樣化，並可透過建築模型與業主直接溝通，減少與業主之代溝，亦即，業主要的建築，設計者能無差別的產出。
2 建築結構分析軟體之學習成效：電腦結構分析，建築結構是解決安全問題，依據建築造型與尺寸等資料進行結構分析，驗算各斷面的強度和剛度，以確定建築之安全性，因此一個好的建築是建築造型和結構設計相互密切配合的結果
3 建築模型製作之學習成效：，透過結構模型表現並理解結構系統，利用模型實作來輔助結構整合建築，製作模型的過程中，體會到模型結構的變形傾向與可能破壞的狀態，進而得知這樣的結構模型是否正確承載力量或者是否需要被再次調整結構行為。
4 結構模型載重測試之學習成效：結構模型可以快速的檢視結構是否能夠站立起來，結構是否穩定，這些結構模型經由載重測試或振動台測試，可確認建築結構系統之合理性與安全性，對學生應有很大的幫助。

問卷填寫範例如下：

衡量項目	左方項目重要性大於右方					右方項目重要性大於左方				衡量項目
	極端重要	強烈重要	明顯重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	明顯重要	強烈重要	極端重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
3D軟體建築造型之學習成效	□	□	□	■	□	□	□	□	□	**建築結構分析軟體**之學習成效
3D軟體建築造型之學習成效	□	□	□	□	□	□	■	□	□	**建築模型製作**之學習成效
3D軟體建築造型之學習成效	□	□	□	□	□	□	■	□	□	**結構模型載重測試**之學習成效
建築結構分析軟體之學習成效	□	□	□	□	■	□	□	□	□	**建築模型製作**之學習成效
建築結構分析軟體之學習成效	□	□	□	□	□	□	□	■	□	**結構模型載重測試**之學習成效
建築模型製作之學習成效	□	■	□	□	□	□	□	□	□	**結構模型載重測試**之學習成效

「問卷填寫範例說明」

1.如果您認為左邊「3D軟體建築造型之學習成效」的重要性相較於右邊「建築結構分析軟體之學習成效」為【稍微重要】，請勾選於選項欄左側之3：1的位置。

2.如果您認為右邊「建築模型製作之學習成效」的重要性相較於左邊「3D軟體建築造型之學習成效」為【明顯重要】，則勾選於選項欄右側之1：5的位置。

3.如果您認為右邊「結構模型載重測試之學習成效」的重要性相較於左邊「3D軟體建築造型之學習成效」為【明顯重要】，則勾選於選項欄右側之1：5的位置。

4.如果您認為左邊「建築結構分析軟體之學習成效」的重要性相較於左邊「建築模型製作之學習成效」為【同等重要】，則勾選於選項欄中央之1：1的位置。

5.如果您認為右邊「結構模型載重測試之學習成效」的重要性相較於左邊「建築結構分析軟體之學習成效」為【強烈重要】，則勾選於選項欄右側之1：7位置。

6.如果您認為左邊「建築模型製作之學習成效」的重要性相較於右邊「結構模型載重測試之學習成效」為【強烈重要】，則勾選於選項欄左側之7：1位置。

提升建築設計之建築造型與結構之學習成效的關鍵因素

衡量項目	左方項目重要性大於右方					右方項目重要性大於左方				衡量項目
	極端重要	強烈重要	明顯重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	明顯重要	強烈重要	極端重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
3D軟體建築造型之學習成效	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**建築結構分析軟體**之學習成效
3D軟體建築造型之學習成效	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**建築模型製作**之學習成效
3D軟體建築造型之學習成效	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**結構模型載重測試**之學習成效
建築結構分析軟體之學習成效	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**建築模型製作**之學習成效
建築結構分析軟體之學習成效	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**結構模型載重測試**之學習成效
建築模型製作之學習成效	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**結構模型載重測試**之學習成效

3D軟體建築造型之學習成效

衡量項目	左方項目重要性大於右方					右方項目重要性大於左方				衡量項目
	極端重要	強烈重要	明顯重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	明顯重要	強烈重要	極端重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
SketchUp 3D軟體操作性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**3D Max 3D**軟體操作性
SketchUp 3D軟體操作性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**Revit 3D**軟體操作性
SketchUp 3D軟體操作性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**AutoCAD 3D**軟體操作性
3D Max 3D軟體操作性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**Revit 3D**軟體操作性
3D Max 3D軟體操作性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**AutoCAD 3D**軟體操作性
Revit 3D軟體操作性	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**AutoCAD 3D**軟體操作性

建築結構分析軟體之學習成效

衡量項目	左方項目重要性大於右方					右方項目重要性大於左方				衡量項目
	極端重要	強烈重要	明顯重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	明顯重要	強烈重要	極端重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
建築結構分析軟體**學習之難易度**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	建築結構分析**軟體操作介面**
建築結構分析軟體**學習之難易度**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	建築結構分析**軟體之學習時間**
建築結構分析軟體學習之**難易度**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	建築結構分析**軟體之功能**
建築結構分析**軟體操作介面**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	建築結構分析**軟體之學習時間**
建築結構分析**軟體操作介面**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	建築結構分析**軟體之功能**
建築結構分析**軟體之學習時間**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	建築結構分析**軟體之功能**

建築模型製作之學習成效

衡量項目	左方項目重要性大於右方					右方項目重要性大於左方				衡量項目
	極端重要	強烈重要	明顯重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	明顯重要	強烈重要	極端重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
建築模型製作之**重要性**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	建築模型製作之**製作時間**
建築模型製作之**重要性**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**提升建築設計之成效**
建築模型製作之**重要性**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**幫助業主之溝通**
建築模型製作之**製作時間**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**提升建築設計之成效**
建築模型製作之**製作時間**	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**幫助業主之溝通**
提升建築設計之成效	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**幫助業主之溝通**

結構模型載重測試之學習成效

建築模型製作之學習成效

衡量項目	左方項目重要性大於右方					右方項目重要性大於左方				衡量項目
	極端重要	強烈重要	明顯重要	稍微重要	同等重要	稍微重要	明顯重要	強烈重要	極端重要	
	9:1	7:1	5:1	3:1	1:1	1:3	1:5	1:7	1:9	
靜載重之測試	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**震動台**之測試
靜載重之測試	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**結構破壞模式**之探討
靜載重之測試	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**提升建築結構**之學習成效
震動台之測試	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**結構破壞模式**之探討
震動台之測試	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**提升建築結構**之學習成效
結構破壞模式之探討	□	□	□	□	□	□	□	□	□	**提升建築結構**之學習成效