

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 新構築理論模型及其對數位媒材適用性的初探 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 98-2221-E-009-156-  
執行期間：98年08月01日至99年07月31日  
執行單位：國立交通大學建築研究所

計畫主持人：劉育東

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：陳姿汝  
博士班研究生-兼任助理人員：梁凱翔  
博士班研究生-兼任助理人員：邵唯晏

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99年10月31日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告

期中進度報告

## 新構築理論模型及其對數位媒材適用性的初探

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2221-E-009 -156 -

執行期間：自2009年8月1日至2010年7月31日

計畫主持人：劉育東

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

執行單位：國立交通大學建築研究所

中 華 民 國 99 年 10 月 31 日

## 中英文摘要

從十九世紀中期，研究者開始在建築領域談及構築的角色，提出各種他們對構築的觀察，奠定了古典構築理論。然而，近年來隨著數位科技的發展，並大量介入建築領域中，古典的構築觀念也開始演變，數位媒材的應用開啓了自由形體建築的新頁，之後，Liu and Lim(2006)以十個大量應用數位科技的當代建築設計為原始資料，提出一個 11 個古典與數位並存「新構築因子」的先期架構。然而，現今有關數位時代的數位構築研究只以大量使用數位媒材之作品作為研究對象，尚缺乏對今日多元的空間形體進行分類探討，因此，本研究即以 Liu and Lim(2006)所提出的新構築架構為基礎，根據其 11 個「新構築因子」作為分析因子，探討不同的構築因子對現今多元的建築空間形式造成了什麼樣的影響，並提出不同形體之構築現象及不同構築因子在三種空間—正交、折面、曲面—中的重新定位。

本研究方法主要採用「案例分析」之研究方式，即選擇各種不同建築形體之案例進行分析比較，整理出每個因子在不同形體中的數個可能初期現象。研究結果顯示，前人所提出的古典因子影響建築構築術至今已成為不可獲缺之現象；而數位因子在數位時代中，已逐步在發展中。另外，從三種形體分別對此 11 個因子的依賴程度來看，其皆幾乎共同考慮了上述古典和數位構築因子，而無明顯之差異。這表示，本研究之案例皆屬同時期、同樣基地條件和限制下之創作，雖因建築師個人風格創造出不同形體的建築，但對建築的構築思考，受時代下的科技發展影響甚深，毫不例外地皆會考慮到數位工具的使用。且此也再次證明 Liu and Lim(2006)所強調的「新構築因子」中的數位因子在數位建築時代中擴增的必要性，不只考慮了大量曲面的形體，各種形體皆出現數位構築因子之現象。

*關鍵字：構築術，空間形體，數位與古典構築，數位媒材，電腦輔助設計與建造*

The research on Tectonics in the architectural field began from the middle of nineteenth century and in recent twenty years digital technology gradually developed and permeated through the field of architecture. In recent twenty years, the classic tectonic thinking was beginning changing in association with digital technology of the increasing coverage in the architectural field. The digital procedure implying the process of architectural design and construction was exactly different from the way of traditional architectural thinking. Liu and Lim integrated classic and digital tectonic factors came into being a present framework of new tectonics. However, the previous studies related to the tectonics in this digital age were almost selected the architectural cases only using a great deal of digital media. The research wants to know what and how the tectonic factors affect the different spatial forms of modern architecture and focused on a case study of the diversified spatial forms, orthogonal, folding and curving.

In order to reach the objective, the research focused on a case study of the diversified spatial forms of modern architecture. These works are classified three kinds of spatial forms. They are orthogonal, folding and curving spatial forms. The research finds that the seven classic factors all emerge in the three kinds of spatial forms. The result shows the classic tectonic thinking is imperative until now. On the other hand, there is not a notable discrepancy in the degrees of the three kinds of spatial forms dependent on the four digital factors. It is critical to prove the significance of adding the new digital tectonic factors from Liu and Lim (2006) in digital age.

Keywords: Tectonics; spatial form; digital and classic tectonics; digital media; CAD/CAM

## 一、前言

建築理論隨著時間而一再演變，構築理論也隨之發展，其反映出人類文明與各學科的理論發展 (Liu and Lim, 2009)。建築的構築技術並非只是解決建築建造問題的工具，也是思考建築空間形式的來源 (Giedion, 1967)，因此，構築術的改變意味建築設計過程、建造生產與空間型態認知的狀態改變。綜觀整體建築史的發展，建築歷史的演進常是伴隨技術革新而被探討，時代的工程技術常能直接反應在建築構造與型態的呈現上，亦改變當時建築的空間形式 (Heidegger, 1953; Giedion, 1967)。而建築形體被視為構造技術影響下的衍生結果，當建築的生產過程改變，建築的型態也隨之變化 (Gao, 2004)，也就是說，建築的空間形式，能反映出一連串的構造過程 (Gregotti, 1983; Frascari, 1984)，空間形式其實就是單一的組構邏輯與整體脈絡的構築術操作轉化下的結果 (Semper, 1951; Gregotti, 1983; Frascari, 1984; Frampton, 1990)，這也是說，建築的空間形式需透過構築術的研究來獲得了解，而形成建築知識與構築之間不可分割的關係 (Semper, 1951; Heidegger, 1953; Frampton, 1995)。

而當今建築形體的多樣性深受時代性的影響，建築發展從平面至立體的設計思考方式，到今日已普遍使用電腦的數位思考與建構方式，使建築形體又造成一次革命性的新解放 (Gao, 2004)，數位自由曲面的發展，最明顯的原因就是因為數位科技的進展 (Imperiale, 2000; De Luca and Nardini, 2002; Ham, 2003)。數位科技提供新的建構方式，給予建築新的材料外表與新的形狀，同時，也提供了建築物新的空間表達方法。目前數位建築發展上的重點有，形體與空間的解放，數位設計媒材與數位營造技術的革命，使建築的形式與空間又進行了一次時代性的變化。數位科技的使用，開啓設計自由形體建築的新頁，數位建築型態開始浮現 (Mitchell, 1998; Pongratz and Perbellini, 2000; Liu, 2001)。

## 二、問題、目標與研究方法

從 19 世紀中，研究者開始在建築領域談及「構築」(tectonics) 的角色，並提出各種他們對構築的觀察，而這些 19 世紀的觀點，奠定了今日的古典構築理論 (Botticher, 1843; Semper, 1951; Sekler, 1965; Gregotti, 1983; Frascari, 1984; Vallhonrat, 1988; Frampton, 1990, 1995)，隨後，Liu and Lim (2006, 2009) 將之整理出 7 個古典構築因子—joint、detail、material、object、structure、construction、interaction。

約 20 世紀末、21 世紀初，隨著數位科技的發展並大量介入建築領域中，古典的構築觀念也開始演變，隱含在設計和營造過程中的數位程序，與傳統的建築思考方式已有所不同，因此，隨著數位媒材對建築形體和構造方式所造成的影響，產生構築術在數位環境下的新定義 (Mitchell, 1998; Cache, 2002; Spuybroek, 2003; Cook, 2004; Leach et al., 2004; Mori, 2005; Fang and Zhou 2007; Nilsson 2007; Land 2007; Vanggaard and Pontoppidan 2007; Deplazes, 2008)。後來，Liu and Lim (2006, 2009) 認為上述 7 個非數位的「古典構築因子」(classic factors) 在數位建築時代已無法完全涵蓋數位設計與營造，古典構築的觀念在數位案例上已不敷使用，因而認為數位時代的構築術還需包含 4 個浮現的「數位構築因子」(digital factors)—motion、information、generation、fabrication。形成了 11 個古典與數位並存「新構築因子」的先期架構。

從先前研究可知，建築形體的各種可能性，受構築術所影響，但這些研究多針對時代性的建築風格來探討，並無特別區別不同形體是否有不同的構築可能性 (Heidegger, 1953; Giedion, 1967)。之後，在數

位時代中，電腦科技已普遍應用於建築設計與建造的今日，使得建築形體更加自由也多元，建築的數位構築正逐漸走向普及化，然而，有關數位構築的相關研究，幾乎都挑選大量使用數位媒材的建築案例作為觀察對象，而這類案例的建築形體多為自由曲面或是由電腦參數所自動衍生出的複雜形體 (Braha and Maimon, 1998; Spuybroek, 2003; Leach et al., 2004; Gao, 2004; Liu and Lim, 2006; Vanggaard and Pontoppidan 2007; Deplazes 2008)，此並無法真正反映今日多元的建築形體樣貌與古典和數位構築之間的關係，而這也促使本研究從不同的建築形體這個方向來思考，是否只有複雜且自由的建築形體，才具備數位構築思考；不同的建築形體，其構築思考是否會有所不同？有何差異？

因此，本研究主要依據 Liu and Lim (2006, 2009) 所提出的 11 個「新構築因子」(連結 joint、細部 detail、材料 material、物件 object、結構 structure、構造 construction、互動 interaction、動態 motion、資訊 information、演化 generation、製造 fabrication) 之先期現象，探討不同的構築因子，對不同的空間形體，造成了什麼樣的影響，提出不同形體之構築現象及不同構築因子在不同形體中的重新定位。而 Liu and Lim (2006, 2009) 曾為當今數位時代之建築構築現象，重新整合古典的構築因子及對數位時代之數位建築設計所衍生來的新數位因子，因而其所提出的 11 個「新構築因子」完整包含了 21 世紀主要的構築現象，因此，本研究即採用此 11 個「新構築因子」作為不同形體的分析因子，並以案例分析 (case studies) 之研究方式，選擇各種不同建築形體之案例進行分析比較。

在案例挑選方面，為了同時獲得多個數位時代的建築作品，且其中需包含各種形體的建築樣貌，因此需要針對一個多元的建築集體設計 (collective architectural design) 來進行案例分析，此集體之建築師背景需來自世界各國，並已具備各自不同的慣用設計手法與形式，以呈現多元的設計樣貌，因此需為一群專家設計師之作品。因而本研究以研究者於 2007 年曾經參與總計劃規劃的「NEXT-GENE」集體創作住宅建築之真實案例，來做為分析對象，此得以在創作過程中取得所有作品之大量且完整的設計資料，並能對其構築思考作深入且詳盡的分析。「NEXT-GENE」是以國際建築當代論壇與博覽會的形式，邀請來自歐、亞、美三洲之二十個新銳建築師或建築團隊，個別設計出一件住宅建築作品。而每位建築師皆具完整的建築設計經歷，並勇於創新，並在世界各地已有多個已建造完成的建築創新實例；其作品受到不同文化、背景等影響，因此呈現出多元的創作結果，此符合本研究探討當代建築呈現多元形體之概念。

在進行分析之前，需先對形體做分類。首先，由垂直水平的平面所組成的正交體 (solid) 是巴浩斯基基礎設計課 (Bauhaus introductory course) 中基本的抽象形體之一 (Mitchell, 1992; Eisenman, 1982)。然而，隨著數位工具逐漸應用於建築設計過程中，非正交的建築形體逐漸普及，其中，在九零年代初期，空間形式的新概念興起，折面 (folded surface) 的建築形體，成為許多建築師十分感興趣的一種建築元素 (an element of architectural form)，使得折面形體成為建築形體的一個重要形式 (Ufnalska, 2006; Eisenman, 1996, 2003; Vidler, 2000; Lynn, 1998)，folding 一詞源自於 3D 繪圖軟體 form Z 的其中一個功能，原是指將一個三度空間的量體，依照其組合的方式，拆解成片狀或是將這樣的碎片摺疊回一個三度空間的量體的動作，而本篇將其視為一種建築形體的表現方式。

另外，數位工具也解決了自由形體以往在設計及建造上的困難度，其在近幾年更成為一種重要的建築形體呈現形式，如 Frank Gehry, Greg Lynn, dECOi, NOX, ONL, Bernard Frankert, UN Studio 等之建築作品 (Lindsey, 2001; Ragheb, 2001; Friedman, 2002)。因此，本研究企圖將本案例之 20 個建築形體，參考每位建築師的作品風格，區分為三種類型—正交、折面、曲面—三種。表 1 是對此三種型體所做的定義說明。

表 1. 三種空間形體的定義.

<i>Spatial Form</i>	<i>Definition</i>
Orthogonal (O)	wall 為 2D 平面，wall 與 roof 之間皆為 90 度正交
Folding (F)	wall 為 2D 平面，但有 2 個以上之相接牆面為非 90 度正交
Curving (C)	至少有一面 wall 為 3D 曲面

而為明確區分三種空間的差異，避免定義模糊的設計形體影響分析的結果，因此每一種建築形體只各挑出三個完全符合上面定義的建築案例，作為本研究之分析對象，見表 2。之後，再將 Liu and Lim (2006, 2009) 所提出的 11 個「新構築因子」分別對這三種空間進行分析，並由兩位建築科系的研究者，一位從事構築理論的研究者，個別分析，再針對有歧見的部分，共同討論整合於一結果。

表 2. 9 件挑選作品與其建築型體分類（來自於「NEXT-GENE」計畫中的 20 件作品）

<i>Spatial Form</i>	<i>Case [No.]</i>	<i>Project Name</i>	<i>Designer</i>	<i>Country</i>
O	Case [1]	<b>FlexiVilla</b>	Toshiko Mori	USA
	Case [2]	<b>Floating Courtyard</b>	Ray Chen	Taiwan
	Case [3]	<b>Triptych House</b>	Yungho Chang	USA
F	Case [4]	<b>Ridge House</b>	Hailim Suh	Korea
	Case [5]	<b>Latent Dragon</b>	Irving Huang	Taiwan
	Case [6]	<b>Radix House</b>	Shu-Chang Kung	Taiwan
C	Case [7]	<b>Architecture Farm</b>	Akihisa Hirata	Japan
	Case [8]	<b>Calligraphic House</b>	Yu-Tung Liu	Taiwan
	Case [9]	<b>Symbiotic Villa</b>	Zaha Hadid	UK

有關於 Liu and Lim (2006, 2009) 所提出的 11 個「新構築因子」之簡單定義說明如下。（詳細說明請見 Liu and Lim (2009) 的”New Tectonics: Classic and Digital Design Thinking in Feidad Award”(pp. 25-29) 一書。）

1. 連結(joint)：是建築構造中最小及最重要的元素。
2. 細部(detail)：是建築構造中材料特性的描述。
3. 材料(material)：是呈現建築構造中成形與組合的元素。
4. 物件(object)：是建築的單元 (parts)，而建築整體是由許多的單元組合而成。
5. 結構(structure)：是力量傳遞的一個概念、一個單位、或一種過程，也是影響構築的一個關鍵變因。
6. 構造(construction)：是一種實現結構概念的施作方式。
7. 互動(interaction)：是一種建築與基地、人與建築之間的交互關係。
8. 動態(motion)：是設計概念與形體演化運作中的一系列動態操作過程。
9. 資訊(information)：是以數位訊號作為任何建築皮層或表面的材料應用，是一種新的表現材料。
10. 演化(generation)：是應用軟體衍生系統或演算法，自動產生形體或概念的過程。
11. 製造(fabrication)：是在 CAD/CAM 技術輔助下製造出(fabricating)設計構件與構造方法的過程。

研究步驟即對正交、折面、曲面三種建築空間形體，各三個案例（如表 2），分別對上述的 11 個構架因子進行分析，請見圖 1 之分析架構圖示。

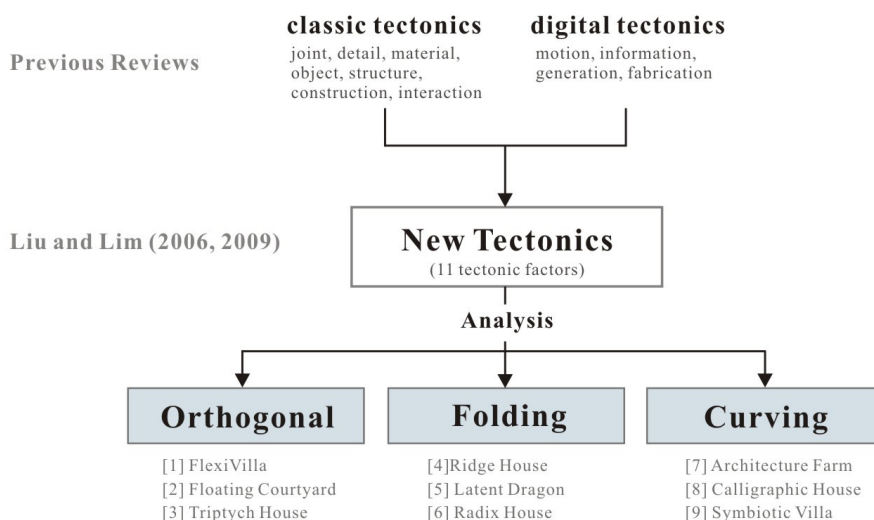


圖 1. 分析架構圖

## 三、結論

### 3.1 七個古典因子在三種建築形體案例中的檢驗

#### 3.1.1 連結 (Joint)

正交形體的 joint 主要出現在建築皮層上，是為皮層細部與建築量體之間的連結關係，其目的著重在對形體之外附加的需求，如為依附在主骨架上的次要結構裝飾、光影的特殊效果設計、活動關節的組裝上等，如圖 2a, 2b。joint 在正交形體中是顯露於外的，作為裝飾性的目的，是為一種皮層表現方式，與整體建築形體設計較無直接的關連性。

折面形體的 joint 則視設計師對建築形體表現的重點不同，而有二種連結目的：一、為了附加性的需求，作為建築皮層依附於主骨架的表現部分，類同正交形體 (two cases)，如圖 2c；二、為了分段單元接合成整體形體的目的而生，是隱藏於內的，以表現形體的一體性，此以折面形體為主要考量的方式，與曲面形體的 joint 目的相同 (one case)，如圖 2d。

曲面形體的 joint 目的主要作為單元形體之間的連結，曲面的建築形體是由分段的塊狀物件組裝而成，而 joint 通常都被隱藏在形體之內，以達到整體建築的一體感。Joint 的出現是因應建築形體而來，而為不影響形體，又將之隱藏起來，如圖 2e, 2f。

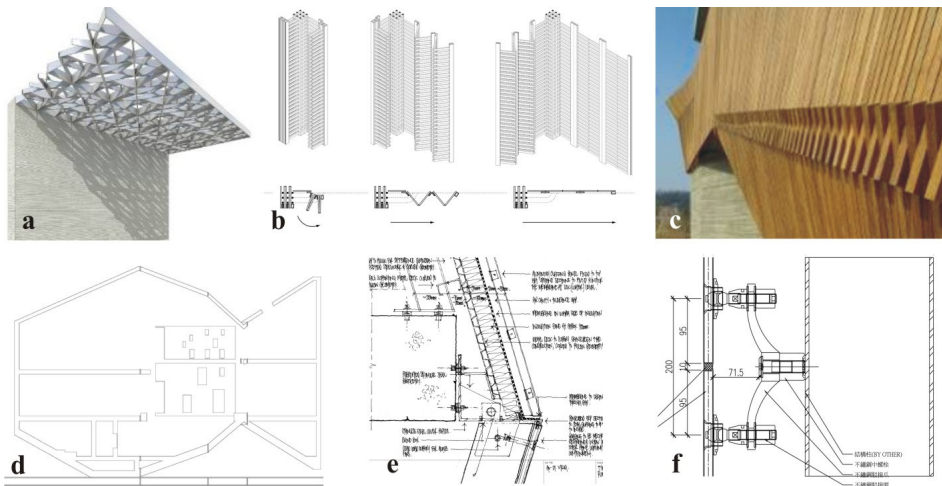


圖 2. a. case[1], b. case[3], c. case[4], d. case[6], e. case[8], and f. case[9] of joint.

### 3.1.2 細部 (Detail)

正交形體的 detail 主要出現在建築皮層的處理，利用大量重複的單元進行規則化的重組，在皮層上產生複雜的圖案(pattern)出來，如圖 3a, 3b；使設計形體的表現呈現豐富而細緻的質感，也創造出通透的空間，並產生出繁複的光影效果。

而折面形體的 detail 的呈現，則視建築形體表現的重點不同，而有兩種呈現方式：一、著重在建築皮層的裝飾性上，為創造出更細緻的皮層表現以及光影的效果，是顯露於外的，此同正交形體 (two cases)，如圖 3c；二、只著重在純功能上的連結，是隱藏於形體內的，以表現形體的一體性，此部份則與曲面形體同 (one case)，如圖 3d。

曲面形體的 detail 出現在建築形體接合的處理上，多發生在骨架和皮層之間，並被刻意隱藏起來。detail 在這裡只具有功能上的意義，是來自於形體的需求，但在最終外型呈現上，detail 卻被包覆隱藏於建築形體之內，如圖 3e, 3f。

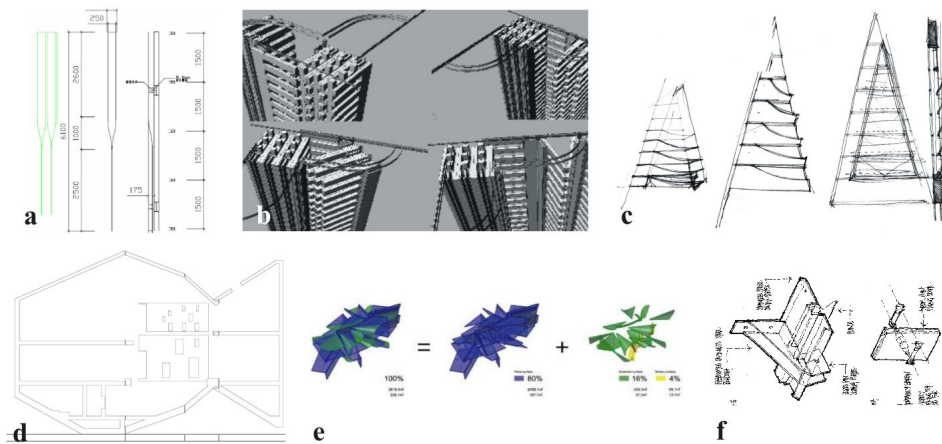


圖 3. a. case[2], b. case[3], c. case[5], d. case[6], e. case[7], and f. case[9] of detail.

### 3.1.3 材料 (Material)

正交形體的 material 呈現強調使用多元但符合設計師需求的特定材料，來營造細緻的皮層表現；對顯露於形體外的材質表現相當講究，如圖 4a, 4b，材質的顏色變化與搭配是建築整體表現一個很重要的特點。



折面形體的 material 的呈現，在非垂直水平部分，大多考慮使用單一的材質來統一折面形體之風格，且設計師在設計過程中，會特別提出來討論，此部分是作為形體主要表現的材質。但在垂直水平部分，則會考慮較多的變化呈現，但材質的選用並非強調的重點，如圖 4c, 4d。

然而曲面形體的 material 強調單純化，最多只以 2~3 種材質進行建築形體的組裝，建築外觀沒有過多的接縫存在，特別以單一材質覆蓋整個皮層。建築的結構材即為形體表現於外的材質呈現。另外，圍合系統多使用透明玻璃讓整個形體看起來更為純粹，如圖 4e, 4f。

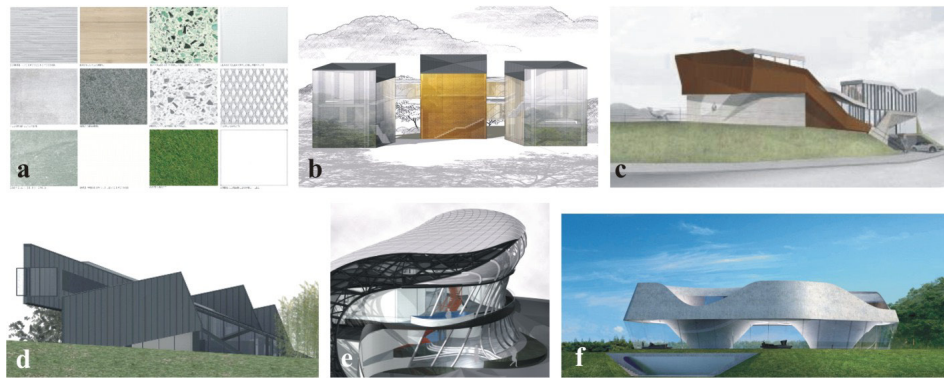


圖 4. a. case[1], b. case[3], c. case[4], d. case[5], e. case[8], and f. case[9] of material.

### 3.1.4 物件 (Object)

正交形體的 object 多為明確的門、窗、柱、樑、板、牆等古典建築元素，組建出大致的建築形體出來；而這些垂直水平的模矩化物件，清楚地劃分出空間的內外分界與用途。較強調機能需求的物件結合系統，如圖 5a, 5b。

而在折面形體的 object 中，部份古典物件仍可以清楚地被分辨出來，如建築形體內的門、窗、柱、樑等元素，但外牆形體的物件卻相較於模糊，天花板和牆面的關係消失，整合為一新的「皮層物件」，如圖 5c, 5d。

曲面形體則因為自由的曲面，古典建築的柱、樑、牆、板等物件消失而不易辨認，形成一體的物件系統。此系統是由許多不規則的客製化物件結合而成。因無明確的物件，使得空間的定義也隨之模糊，較追求設計形體的物件結合系統，如圖 5e, 5f。

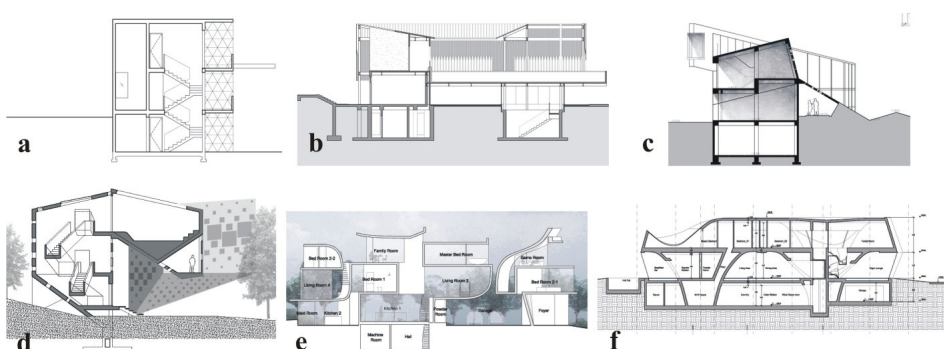


圖 5. a. case[1], b. case[2], c. case[5], d. case[6], e. case[7], and f. case[9] of object.

### 3.1.5 結構 (Structure)

正交形體多為垂直水平的「柱樑結構系統」，力的傳遞為垂直方向。主結構系統多為鋼筋混凝土或是

鋼構系統，形成建築形體的框架，並在其上附加另一層較具裝飾性的表皮結構。主結構座落的位置與基地環境較無直接相關，而是因應室內機能的分布而配置，如圖 6a, 6b。

折面形體主要仍採「柱樑結構系統」，但柱樑的分布較不規則，主要是因為更重視基地條件所賦予的關係，為讓建築形體能更貼合於基地，而對結構分布作了調整。另外，因為傾斜的牆面，使得力的傳遞不只有垂直的方向，如圖 6c, 6d。

曲面形體則因為自由多變的外型，而無法單純採用柱樑結構系統，結構的形式需視不同的形體樣貌，以 3D 曲度的鋼骨架或是澆灌一體成型的曲面來作發展。力的傳遞系統是順著形體的方向來做力的傳遞，如圖 6e, 6f。

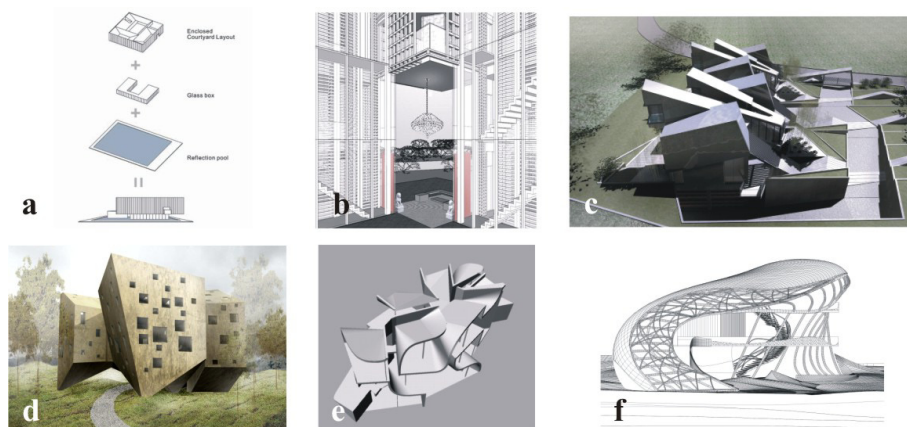


圖 6. a. case[2], b. case[3], c. case[5], d. case[6], e. case[7], and f. case[8] of structure.

### 3.1.6 構造 (Construction)

正交形體的 construction 主要依結構而生，施作的流程有著明顯的先後順序，需於主體構造落實以後，再貼附細緻的建築皮層。多為由下而上的施作方式。且每個流程必須在一定的時間內建造完成，才能確保結構的穩定度，如圖 7a。

而折面形體在垂直水平部份的 construction 與正交形體類似，在現場以鋼筋混凝土澆灌出主體，需一定的建造時間。然而，折面部份的 construction 則與曲面形體類似，需在工廠預先製作好客製的單元後，再送至現場進行組裝，如圖 7b。

曲面形體的 construction 多採用客製化方式施作，將建築形體切割在工廠製作完成，再運送到現場組裝。大部分以鋼骨架圍塑出基本的輪廓，再貼附上建築皮層，也有部份會採用預鑄單元之方式，預鑄出 3D 曲面的不同單元體，再到現場進行整體形體的接合，如圖 7c, 7d。

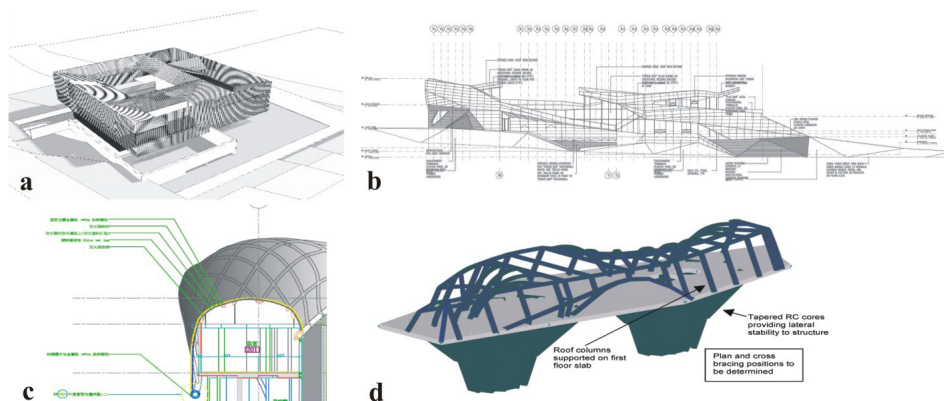


圖 7. a. case[2], b. case[4], c. case[8], and d. case[9] of construction.

### 3.1.7 互動 (Interaction)

由於正交形體多為形隨機能的思考模式，因此，傾向於在建築群的內部產生屬於自己的半開放內庭空間，人與環境之間並不直接接觸，營造出多層次的空間感受，增加使用者與建築本體間的活動機會。較強調人與建築的互動關係，如圖 8a, 8b。

而折面形體的呈現上，具有兩種特性：一、與正交空間類似，兩個（以上）的建築群，營造出屬於自己的內院空間，增加人接觸環境過程中的層次感，增強人與建築的互動；二、折面形體的呈現是順應基地地形而生，是為建築與基地的互動關係，人與環境接觸的關係也較為直接，此則與曲面空間類似，如圖 8c, 8d。

另外，曲面形體強調建築和環境融合為一體的概念，使人與建築的關係就如同置身於大自然般，以最自然且直接的方式接觸，人們可以輕易地進入自然環境中，較重視建築與基地的互動關係，進而人與環境的關係也較直接，如圖 8e, 8f。

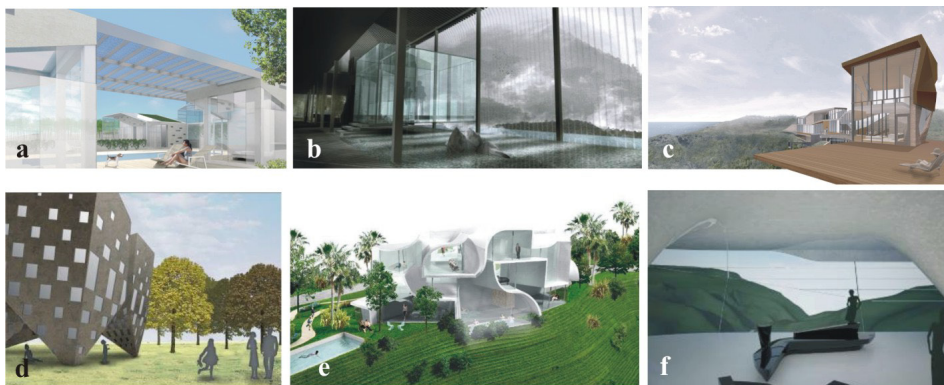


圖 8. a. case[1], b. case[2], c. case[4], d. case[6], e. case[7], and f. case[9] of interaction.

## 3.2 四個數位因子在三種建築形體案例中的檢驗

### 3.2.1 動態 (Motion)

正交形體的 motion 主要表現在生活機能空間單元的各種移動過程，如量體的堆疊、隔間的拉開、物件的翻折等動作，最終呈現出以機能為主的空間配置形體，如圖 9a, 9b。

折面形體的 motion 概念的目的地主要來自於對形體美感的追求，並考慮基地條件，生活機能上的因素相對少很多。動態過程為對規則單元量體作移動、扭轉、堆疊等或給予規則化的簡單形變，使整體形體最終呈現出不規則的折面形體，如圖 9c。

曲面形體的 motion 主要是來自於形體的動態形變過程，是因為對基地環境的配合，以及對美感的追求而來，如圖 9d。

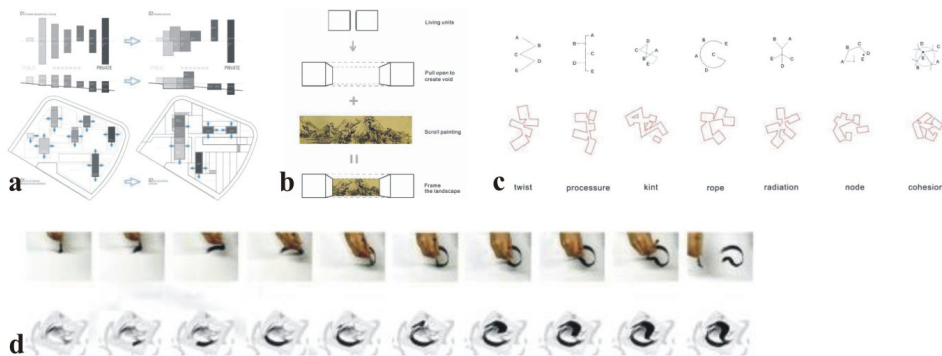


圖 9. a. case[1], b. case[2], c. case[6], and d. case[8] of motion.



### 3.2.2 資訊 (Information)

由於本研究之真實案例是有關住宅設計之 program 的特殊要求，20 個案例於設計階段普遍尚無考慮到 information 之構築因子，這也可能表示此因子目前尚無廣泛影響至各類型的建築設計案例，因此有關此因子的分析，需留待未來研究才能繼續探討。

### 3.2.3 演化 (Generation)

正交形體的 generation 主要以產生繁複的 2D pattern 為主，此多是使用在物件的細部設計上，作為細緻而豐富的皮層表現，如圖 10a, 10b。

折面形體在設計過程較少有 generation 的概念。其中只有一個案例也是以產生繁複的 2D pattern 為主，目的同正交形體，如圖 10c。

曲面形體的 generation 則是對整體形體進行形體的演化，主要有兩種方式：一、對單元形體以一變多的演化過程，如圖 10d；二、由形體自行形變而成。

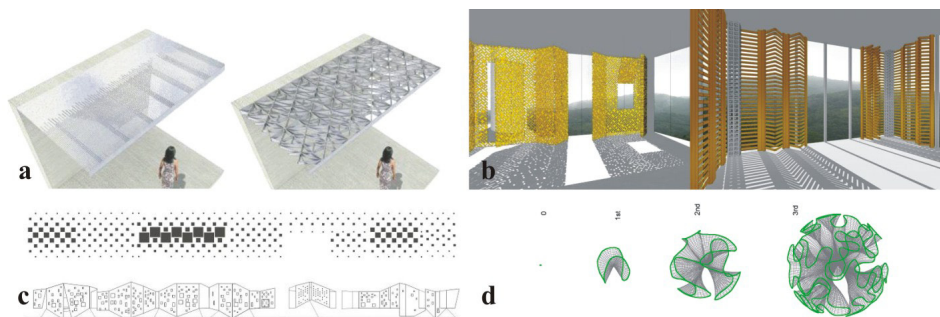


圖 10. a. case[1], b. case[2], c. case[6],and d. case[7] of generation.

### 3.2.4 製造 (Fabrication)

正交形體的 fabrication 出現在需要精確表現的部份，多發生較小的組件上，主要是在複雜的皮層細部上。大多是 2d 平面的表現，以雷射切割機或 CNC 切割機替代人工以節省成本與時間，提升建築表現的準確度，如圖 11a。

折面形體的 fabrication 多出現在非垂直水平的折板上，主要目的在於施作的方便與準確性，如將建築皮層先攤平成 2D 平面的方式，以方便在工廠先行製作，以利之後的組裝，此方式與曲面形體相同，如圖 11b。

曲面形體的 fabrication 的施作主要採預先製作的方式進行，其輸出方式多元，形體的攤平、放樣、切割、編號、組裝等，都需數位工具的輔助才能製造完成。另外，結構的穩固性評估，需透過電腦輔助設計，對特殊的曲面結構進行精確的分割才行，如圖 11c, 11b。

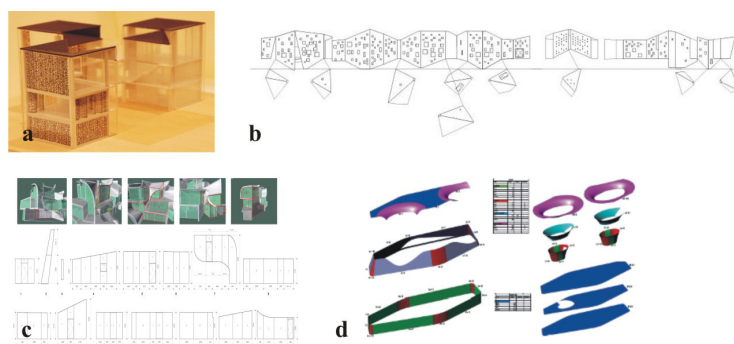


圖 11. a. case[3], b. case[6], c. case[7],and d. case[9] of generation.

## 四、構築思考在不同建築形體中的含意

從整體來看，二組因子（古典因子／數位因子）在三種建築形體中的整體初步分析結果顯示，古典因子的七個因子在這 9 個案例中皆有出現，如表 3 所示。這表示前人所提出的古典因子，不論在何種形體中，尚皆影響數位時代中的構築思考。

表 3. 7 個古典構築因子在 9 件案例上的依賴程度

<i>Classic factors</i>		1	2	3	4	5	6	7
		joint	detail	material	object	structure	construction	interaction
<b>O</b>	Case [1]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Case [2]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Case [3]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>F</b>	Case [4]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Case [5]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Case [6]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>C</b>	Case [7]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Case [8]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Case [9]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		9	9	9	9	9	9	9

而在數位因子部分，此為 Liu and Lim (2006, 2009) 因應新的數位環境所提出新的四個因子，如表 4 所示，並非所有三種形體中的 9 個案例皆同時具備此四種因子，但已遠超過 50% 以上的依賴程度，數位因子在數位時代中，已逐步在發展中。

表 4. 4 個數位構築因子在 9 件案例上的依賴程度

<i>Digital factors</i>		1	2	3	4
		motion	information	generation	fabrication
<b>O</b>	Case [1]	✓	-	✓	✓
	Case [2]	✓	-	-	✓
	Case [3]	✓	-	✓	✓
<b>F</b>	Case [4]	✓	-	-	✓
	Case [5]	✓	-	-	✓
	Case [6]	✓	-	✓	✓
<b>C</b>	Case [7]	-	-	✓	✓
	Case [8]	✓	-	-	✓
	Case [9]	✓	-	✓	✓
		8	0	5	9

另外，從三種形體分別對此 11 個因子的依賴程度來看（表 3, 4），其皆幾乎共同考慮了以上 10 個古典和數位構築因子（除資訊 *information* 留待未來討論外），而無明顯之差異。這表示，本研究之案例皆屬同時期、同樣基地條件和限制下之創作，雖因建築師個人風格創造出不同形體的建築，但對建築的構築思考，受時代下的科技發展影響甚深。

而先前研究多認為數位因子可能只存在於大量使用自由曲面的建築形體中 (Braha and Maimon, 1998; Spuybroek, 2003; Leach et al., 2004; Gao, 2004; Liu and Lim, 2006; Vanggaard and Pontoppidan 2007; Deplazes 2008)，然而，本研究結果顯示，在數位時代下的建築設計與建造過程中，毫不例外地皆會考慮到數位工具的使用，不因形體的不同，而有所取捨。且此也再次證明 Liu and Lim (2006) 所強調

的「新構築因子」中的數位因子在數位建築時代中擴增的必要性，其不只考慮了大量曲面的形體，各種形體皆出現數位構築因子之現象。

但雖然從整體初步分析來看，此三種建築形體之間並無太大的差異，然而正交、斜面、曲面對於案例分析的細部說明來看，卻有其思考上的差異。從古典和數位因子兩大部分來看，正交、折面、曲面三種形體為順序，在古典因子的構築思考上有其規律性，可能原因為折面之形體在外觀上，界於正交和曲面形體之間，因此在古典因子部份，正交和曲面形體有極為不同的構築思考，而折面形體則會具備二者之現象。然而，在數位因子部份，此現象較不明顯，通常折面形體的數位構築思考會只偏向正交或曲面形體，而不兼具二者之現象，但這可能是因為在數位因子分析的部分，有較多的案例缺乏某些數位因子的現象，使得資料量相較之下較為不足，而無法明顯呈現出此差異，此需留待未來研究擴增更多案例來驗證。

另外，由於正交和曲面形體二者有較大的差異，因此特別提出討論。正交形體的構築思考較重視機能的配置，是關於人在建築中的活動關係，對建築皮層的細部有較多的著墨，認為構造是發展自材料的細部敘述中 (Gregotti, 1983)，也因此，在連結、細部、材料、物件上的分析都相當明確，正交形體較著重於個別 (part) 的思維。而曲面空間則較重視形體的呈現，著重於建築與環境間的互動關係，構築思考也大都是來自於形體呈現的考慮，其中，連結、細部、材料、物件這四個因子在構築過程中被隱藏起來或是模糊了，也因此，曲面形體較偏向於一體 (whole) 的思維設計。由此可知，建築形體因在設計本質上的不同，而會影響到每一構築因子之間的關係。

## 五、小結

從本研究可發現，建築的形體確實影響構築思維，也因為在數位時代多元的建築形體被創造出來，我們才能夠進一步地探討形體與構築之間的關係，而或許構築是因形體而來。

然而，本研究尚未探討有關於「資訊」在各形體之中的關係。未來，隨著互動建築的逐漸發展，「資訊」將在其中扮演重要的角色，此將為數位建築於下階段一個很重要的議題。另外，我們也可以發現，任何一個新構築因子的出現與發展，必定也牽涉到許多美學觀念的重新釐清與界定，而數位構築的新思維，早已為 21 世紀的建築設計樹立新的數位美學。

## 參考文獻

- Braha, D and Maimon, O. (1998). *A Mathematical Theory of Design: Foundations, Algorithms and Applications*, Kluwer Academic Publisher.
- Botticher, K (1852). *The Tectonics of the Hellenes* Postdam.
- De Luca, F. and Nardini, M. (2002). *Behind the Scene: Avant-garde techniques in contemporary design*, Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin.
- Cache, B. (2002). Gottfried Semper: stereotomy, biology and geometry *Architectural Design* Vol 72 pp28-33.
- Cook, M. (2004). Digital tectonics: historical perspective- future prospect, in: N. Leach et al. (Eds), *Digital Tectonics*, Wiley-Academy, Chichester, pp 40-49.
- Deplazes, A. (Ed). (2008). *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures* Birkhäuser Basel Press.
- Eisenman, P. (1982). *House X*. New York: Rizzoli.
- Eisenman, P. (1996). Visions' Unfolding. *Architecture in the age of electronic media*, in K. Nesbitt (ed.), *Theorizing a new agenda for architecture: an anthology of architectural theory 1965-1995*, Princeton Architectural Press, p.555.
- Eisenman, P. (2003). *Blurred Zones: Investigations of the Interstitial: Eisenman Architects 1988-1998*, Monacelli.
- Fang, L. and Zhou, Q. (2007). Digital Tectonics in Shape Finding of Spatial Structures. *CAADRIA 2007*: 543-548.
- Frampton, K. (1990). *Rappel a l'ordre: the case for the tectonic* *Architectural Design* 60: 19-25.
- Frampton, K. (1995). *Studies in Tectonic Culture* MIT Press, Cambridge, MA.
- Frasconi, M (1984) Tell-the-tale detail, in: K. Nesbitt (Ed), *Theorizing a New Agenda for Architecture: An Anthology of Architecture theory 1965-1995*, Princeton Architectural Press, New York, pp 498-515.
- Friedman, M. (ed). (2002). *Gehry Talks: Architecture + Process*. New York, NY: Universe Publishing.
- Gao, W P (2004) Tectonics? A case study for digital free-form architecture, in *Proceedings of Computer Aided Architectural Design Research in Asia*, Yonsei University Press, Seoul, pp 519-534.
- Giedion, S. (1967). *Space, Time and Architecture-The Growth of a New Tradition*, Fifth Revised, Enlarged Edition, Cambridge, Massachusetts.
- Gregotti, V. (1983). The exercise of detailing, in: K. Nesbitt (Ed), *Theorizing a New Agenda for Architecture: An Anthology of Architecture theory 1965-1995*, Princeton Architectural Press, New York, pp 494-497.
- Ham, J. J. (2003). *The Computer as a Tectonic Design Tool : Comparisons between Virtual and Actual Construction*, 21th eCAADe , Austria, PP 265-268.
- Heidegger, M. (1953). The Question Concerning technology, in R.J. Chu (ed and trans), 1999, *Essays on Architecture, Technology and Tectonics*, Garden-City Culture Publication, Taiwan, Pp.121-161.
- Imperiale, A. (2000). *New Flatness: Surface Tension in Digital Architecture*, Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin.
- Land, P. (2007). *The shape of things to come: new priorities, means and forms*. Tectonics Making Meaning Conference. Eindhoven University of Technology.
- Leach, N. Turnbull, D. and Williams, C. (ed.). (2004). *Digital Tectonics*. London: Wiley.
- Lindsey, B. (2001). *Digital Gehry: material resistance/digital construction*. Basel: Birkhauser.
- Liu Y T (2001) Digital architecture? Digitality of architecture, in: Y. T. Liu (Ed), *Defining Digital Architecture: 2000 FEIDAD Award*, Dialogue, Taipei, pp 6-22.
- Liu Y. T, Lim C. K. (2006). New tectonics: a preliminary framework involving classic and digital thinking. *Design Studies*, 2006, 27(3): 206~307.
- Liu Y. T, Lim C. K. (2009). *New Tectonics: Towards a New Theory of Digital Architecture: 7th Feidad Award*. Basel,

Switzerland: Birkhauser,.

- Lynn, G. (1998). *Animate Form*, Princeton Architectural Press.
- Mitchell, W. (1992). *The logic of architecture: design, computation, and cognition* (3rd). London: MIT Press.
- Mitchell, W J (1998). *Antitectonics: the poetics of virtuality*, in: J. Beckmann (Ed), *The Virtual Dimension: Architecture, Representation and Crash Culture*, Princeton Architectural Press, New York, pp 205-217.
- Mori, T. (2005). *Textile/Tectonic: Architecture, Material, and Fabrication*. George Braziller Press.
- Nilsson, F. (2007). *New technology, new tectonics? on architectural and structural expressions with digital tools*. Tectonics Making Meaning Conference. Eindhoven University of Technology.
- Pongratz, C. and Perbellini M. R. (2000). *Natural born CAADesigners: Young American architects*, Birkhäuser, Basel.
- Ragheb, J. F. (2001). *Frank Gehry, Architect*. New York: Guggenheim Museum Publications.
- Sekler, E. F. (1965). *Structure, construction, tectonics*, in: G. Kepes (Ed), *Structure in Art and in Science*, George Braziller, New York, pp 89-95.
- Semper, G. (1951). *The Four Elements of Architecture and Other Writings* Cambridge University Press, New York.
- Spuybroek, L. (2003). *Textile tectonics*, in: B. Tschumi and I. Cheng (Eds), *The State of Architecture at the Beginning of the 21st Century*, The Monacelli Press, New York, pp 102-103.
- Ufnalska, Z. (2006). *ON THE ORIGINS OF FOLD IN THREE PROJECTS BY TOYO ITO: Fold as generative method of new continuity*, CAADRIA 2006 [Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia] Kumamoto (Japan) .
- Vallhonrat, C. (1988). *Tectonics considered: between the presence and the absence of artifice* *Perspecta* Vol 24 pp 122-135.
- Vanggaard, O. and Pontoppidan, E. (2007). *Digital tectonics*. Tectonics Making Meaning Conference. Eindhoven University of Technology.
- Vidler, A. (2000). *Skin and bones. Folded forms from Leibniz to Lynn*, in A. Vidler, *Warped space*, MIT Press, p.22.



無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：劉育東		計畫編號：98-2221-E-009-156-				計畫名稱：新構築理論模型及其對數位媒材適用性的初探	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	1	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	3	3	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	



# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

從本研究可發現，建築的形體確實影響構築思維，也因為在數位時代多元的建築形體被創造出來，我們才能夠進一步地探討形體與構築之間的關係，&not；而或許構築是因形體而來。然而，本研究尚未探討有關於「資訊」在各形體之中的關係。未來，隨著互動建築的逐漸發展，「資訊」將在其中扮演重要的角色，此將為數位建築於下階段一個很重要的議題。另外，我們也可以發現，任何一個新構築因子的出現與發展，必定也牽涉到許多美學觀念的重新釐清與界定，而數位構築的新思維，早已為 21 世紀的建築設計樹立新的數位美學。