

「實」擬「虛」境

—以材料真實性為主體的典範轉移

文／白千勺

Real Virtuality – Paradigm Shift Base on Material Behavior

/ By Pai Chien-Shuo

引言

建築史論家Mario Carpo所述的「第一次數位轉型」時代，建築形式被解放，亦帶動營造技術之發展；然而以影像模擬為主導的設計模式，及因技術多樣而複雜化的專業分工，造成創作與生產之間的斷裂加劇，建築設計的人文向度與真實性備受質疑等問題。

「科技是答案，但原來的問題是什麼？」（‘Technology is the answer, but what was the question?’）Cedric Price的經典問句，暗示著「創新」並非來自毫無根據的憑空想像，或缺乏問題意識的盲目追求。

本期「建築相對論」專欄第一部分《「實」擬「虛」境——以材料真實性為主體的典範轉移》試以運算思維與材料物質性的觀點論述當代建築設計的面向；承接「實擬虛境」的概念，第二部分《必要的冒險——突破邊界的設計研究》則透過訪談Jenny Sabin、Anna Liu與李綠枝三位女性建築師，對照Jenny Sabin Studio, Tokin Liu 與大藏聯合建築師事務所三組長年累積的實驗性作品，探討以人、材料，及環境為本的設計研究，及這類設計方法在實務上成為常態的可能性。

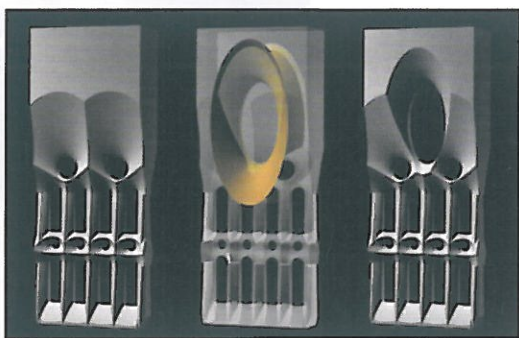
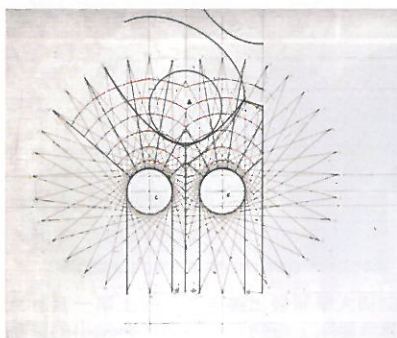
近二十年來，電腦科學與人工智慧呈指數性成長，透過多樣化的載體及應用，已全面滲透至我們的生活中，甚至改變了從日常社交到政治經濟等人類行為的脈動。建築這個向來發展遲緩的領域，還來不及跟上第四次工業革命的腳步前進，卻出現一種「向後退」的趨勢；當Rem Koolhaas甫宣布2014年威尼斯雙年展的策展計畫，立即引來Patrik Schumacher的嚴厲抨擊，甚至在兩年後說出了：「關掉這個雙年展吧！」的評論（註1）。Schumacher直指近幾屆的策展團隊，戴著人文關懷這種政治正確的假面具，保守地談論過去，而摒除了雙年展的重要任務：關注新世代建築與文明進程之間的辯證，以及傳遞一種揭示未來的宣言。

儘管Schumacher的極端言論，被視為少數前衛建築師們的曲高和寡，於此同時，全世界有一部分主流建築師正追隨著Zaha Hadid及Frank Gehry等事務所在上個世紀末研發出來的工作模式：以非線性幾何造型作為建築空間形式。建築史論家Mario Carpo將這波90年代以降的設計潮流稱為『第一次數位轉型』（The 1st Digital Turn）。這是以曲線為主角的時代，其發展源自於建築師們對哲學家德勒茲《The Fold：Leibniz and the Baroque》一書的誤讀，正巧遇上Spline曲線建模工具的崛起與盛行，讓這美麗的錯誤開啟了20年的風潮（註2）。

「數位工匠」——設計與生產的斷裂

第一次數位轉型，帶來五花八門的建築形式，搭配全球化資本消費市場，順勢將「建築商品化」帶向另一個極端。工程營造業者無疑是這波潮流的最大受益者。當電腦輔助設計與製造工具到位，從前被認為不可能建成的「紙上建築」紛紛成為

白千勺，九典聯合建築師事務所研發長、東海建築系兼任講師。曾任職倫敦札哈哈蒂事務所多年。畢業於倫敦建築聯盟AA DRL (Design Research Lab)研究所，及東海大學建築系。



Mark Burry及Jane Burry 根據高第殘缺的手稿及模型，經過長年嚴謹的數學幾何研究，以3D模型重建極度近似原設計的各個部件，再以電腦輔助製造CAM生產，此流程大幅縮短聖家堂的施工期程。（出處：Scripting Cultures, Mark Burry）

營造技術創新突破的標竿。若我們將過去營造工法影響建築設計樣式稱為「形隨製造」(Form follows fabrication)，對比之下當今最先進的建築外殼曲面營造，則是營造工法服膺於樣式——「製造隨形」(Fabrication follows form)。技術的精進讓「製造隨形」遂成為一種常態的建築生產模式，從設計到製造的過程得以被步驟化及專業分工，卻也造成設計思考與營造實務兩個端點之間嚴重的斷裂。「數位工匠」即是一個極端的例子。

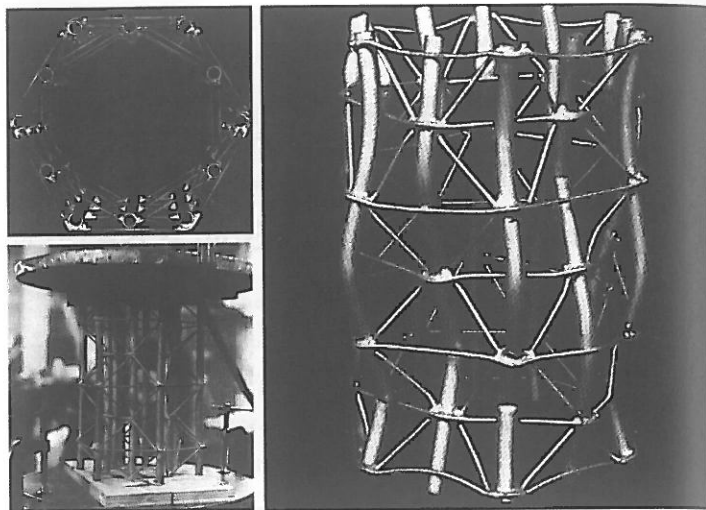
「數位工匠」泛指將自由曲線建築從概念到落實的推手，他們透過電腦輔助設計CAD軟體的應用，將任意的連續曲面幾何造型合理化、可製造化。以數位工具重建高第的圖紙，大幅縮短聖家堂工期的Mark Burry及其團隊，用數學與機械手臂完成了高第的美夢，可說是數位工匠的先驅。另一著名案例是Frank Gehry的Gehry Technology，事務所不僅自備數位工匠，甚至內建科技專業團隊量身打造Digital Project軟體。服務於建築大師的數位工匠畢竟是少數，然而數位工匠之所以仍有廣大市場需求，乃拜曲線建模軟體的普遍化及其簡易的圖形功能介面所賜。圖形介面讓建築師得以在短時間內，生產無數個造型草案並彩現影像，這種在虛擬環境中以視覺為主導的設計模擬，很難同時考慮製造的細節，更遑論建造任意曲面的複雜度了。

「數位工匠」這門專業的形成，讓建築師們順理成章地將實質化(materialise)的疑難雜症分包出去，因而更專心的在虛擬場域裡創作。從此設計與實質化的過程分家，是為設計與生產的斷裂。

連續性—從「空間感」到「空間質感」

回歸空間本質的探討，在這技術精進的歷史時刻，我們要問的是，新型態的建築空間之於人的身體感官，創造出怎樣的新意涵、啟發了什麼可能性？在「第一次數位轉型」的開端，建築家引入「連續性」的哲學思辨，建構出一套重新理解空間關係的論述。建築不再只是單一物件，而是將它與其所在的涵構視為一動態連續的「場域」，不再以柱樑牆板等元素來定義空間，而是由一種邊界在三維座標系統中連續遊走的混成構造物所形塑出來。如FOA的橫濱港碼頭、伊東豐雄的台中歌劇院等，運用幾何形體生成事件與活動的容器，形體內外連續翻折，混淆了人對空間的視覺感知。

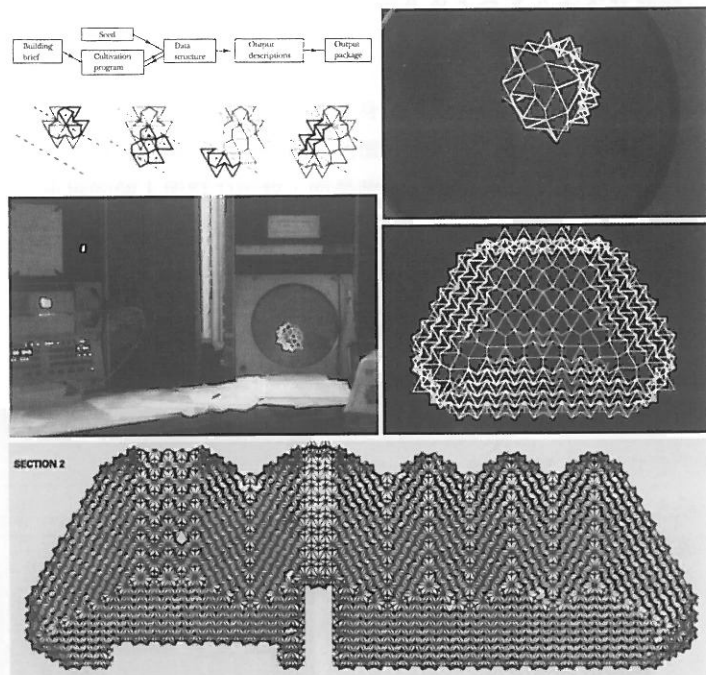
連續性的「空間感」令人感到新奇，為了創造它卻必須付出代價；「唯有自然是真正連續的，建築工人必須以部件組裝房屋。在這原罪之下，操作連續與非連續的意志，即是愉悅與痛苦、美德與瑕疵的來源。人是有限的，他的產品亦如此。」(註3) Jessie Reiser及Nanako Umemoto的簡短文字道盡建築師面對「連續」與「非連續」之間的矛盾心態。不同於其他建築師將哲學轉換成形式，Reiser + Umemoto對德勒茲哲學中的「連續性」詮釋是關於物質與能量的，他們以為建築幾何同時在回應物質在真實世界接收到的力量，例如結構行為之於重力的關係。他們以結構設計師Robert Le Ricolais挫屈的柱子



Robert Le Ricolais的管狀桁架柱形變實驗，柱子以重力施壓而挫屈，因應原始網格的秩序，形成規律的彎曲形態。(出處：Robert Le Ricolais: Visions and Paradox)

實驗為例，新的幾何是從一系列結構崩壞的形變中出現的。Le Ricolais的模型中，物質、材料、營建系統、結構的排列組合、建築空間與場所，共同構成了一個連續的範圍而非各自孤立的領域。此時材料物性之於結構形式的生成，扮演一個主動的角色，設計幾何形態的同時也在組織各種力量與物質的關係，這個模式是通用的，可以被應用在各種尺度上面。(註4)

以物質能量的觀點來看，建築的「連續性」便不再受限於單一形式的「空間感」的想像，而能跨越至多重元素相互影響的「空間質感」的範疇。建築形式也開始有機會跳脫象徵性的意義，進一步去探索建築作為物質與環境、能量場域對應的媒介，其型態組織的、結構的及機能等等的設計與實質運作之間的關聯性。



John Frazer 於1969-70年，在劍橋大學研發出據信是世界上第一套計算機演算法自動生成的設計圖，在顯示器剛上市的年代，透過非常小的螢幕檢視設計者輸入的單元，透過一套設定好的規則生長的過程。(出處：An Evolutionary Architecture, John Frazer)

離散性—由下而上的生長與疊加

除了90年代興起的數位思潮，早在還必須輸入程式碼啟動電腦的60年代，就讀AA建築聯盟的John Frazer，在沒有螢幕顯示、更沒有AutoCAD的輔助之下，列印了他的畢業作品：一套以他自製的電腦軟體生成、人手無法輕易繪製的複雜幾何圖面。此後John Frazer與妻子Julia Frazer長期投注於電腦輔助設計的研究開發，並藉由「An Evolutionary Architecture」的建築實驗（註5），以自然界演化觀點引入衍生式創作的概念，向世人揭示人工智慧對建築的影響。

Frazer的方法是一種建構式的系統，理論上「生長」過程每一步驟的發生，都是與環境因素對應之下所產生的結果；電腦在這負責依初始設定進行繁衍的工作，而建築師則依可行性做類似達爾文所述的「天擇」的工作。電腦與建築師的分工合作並非單向一次性的，而是漸進式的、群集擴充式的、由下而上的回饋機制。事實上「可被運算」與「可被建造」都反映了「離散性」的本質：排列組合、疊加的與可調整、回應的特性，也是「位元」與「單元」概念上的共通性。（「Architecture」和「Component」都是計算機科學與建築學的術語。）

以建築的「離散性」本質思考，事實上成就更多局部的「連續性」，局部與整體(Warts-and-Whole)之間的對話關係亦形成另一個層級的「連續性」，且局部與局部、或局部與整體之間的關聯性更開放、更自由。

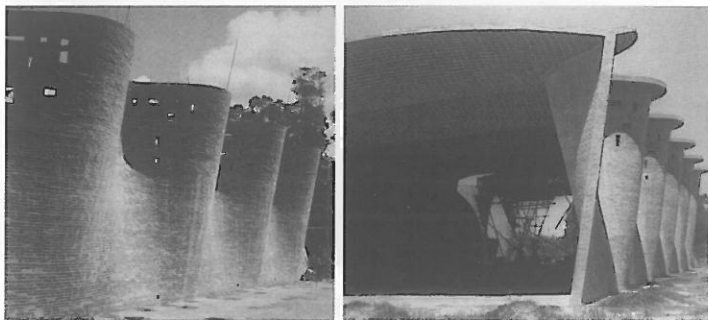
「到了1992，虛擬實境已成現實。…現在的問題是：如何將科技整合到人文、互動、環境和其他潛在的面向？」根據Frazer於2005年在AD雜誌發表的回顧文《Computing without Computer》，70年代的科技發展潮，已見缺乏問題意識的盲目追求，而他認為若不嚴謹地從環境脈絡中真正的問題對症下藥，我們恐怕非但沒解決問題，反而製造更多問題。以此檢視當今的議題：創作與生產的斷裂、過度商品化缺乏人文向度等…Frazer警告歷史重演的話竟一語成讖。

實擬虛境—以材料與真實性為主體的設計研究

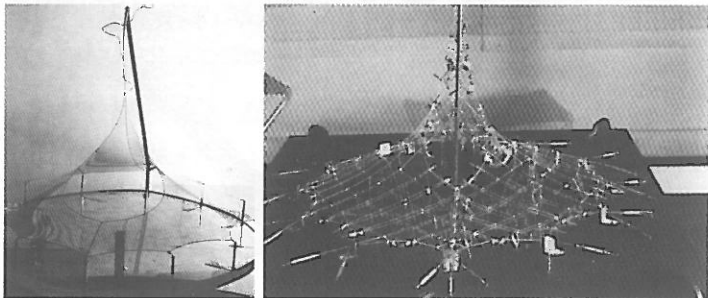
當我們用「生長」的方式思考建築，局部／整體的連續性開始被綜合起來；一如Louis Kahn的名言「我問一塊磚頭：『磚頭，你想要變成什麼？』磚頭回答：『我想要一個拱』」，材料的性質即隱含著某種構築形式的方向，那是來自結構合理性及效率等既成的物理性質。以傳統由上而下的思維，材料的物性往往帶給建築設計限制性；然而當我們反過來先從理解材料性質，探索它可被發揮的形態上的潛力，反而能帶給建築師意想不到的自由度。歷史上的先驅如高第、Eladio Dieste、Frei Otto等人，都曾經成功地透過材料物性的研究尋找型態(Material Form Finding)，創造獨特的建築表情，那或是幾近科學的精準度與工程成就，但更多的是建築師的想像力與好

奇心，以及他們對於未知領域的探索實驗中，那異於常人的執著使然。這些典範在建築史或建築教育上一向不太受重視，但他們給的啟發一例如物盡其用、輕巧高效率等，在能源危機日益顯著的今日，這些概念與我們的關聯性更強烈了。

Mario Carpo聲稱「第二次數位轉型」的年代來臨，我們除了讚嘆當代的數位模型具有超高解析度的資訊量、以及任何尺度的物件都能被三維列印之外（註6），在更新一波科技狂潮襲捲的同時，如何將數位的「虛擬」與建築的「真實」交織，以「實擬」的材料物性的探索作為原則帶領電腦模擬投射的千萬種「虛境」，更精確有效地將科技的優勢與構築的運用整合在一起，達到一個真正對人類與環境有意義的「人機共創」，是筆者認為當今建築設計研究應該聚焦的方向。



Eladio Dieste 的Atlántida Church紅磚教堂營建過程，此作品突破磚造的空間形式。（出處：Eladio Dieste：1943-1996）



Frei Otto肥皂泡表面張力實驗，啟發張力結構的形式發展。（出處：Frei Otto & Bodo Rasch: Finding form）

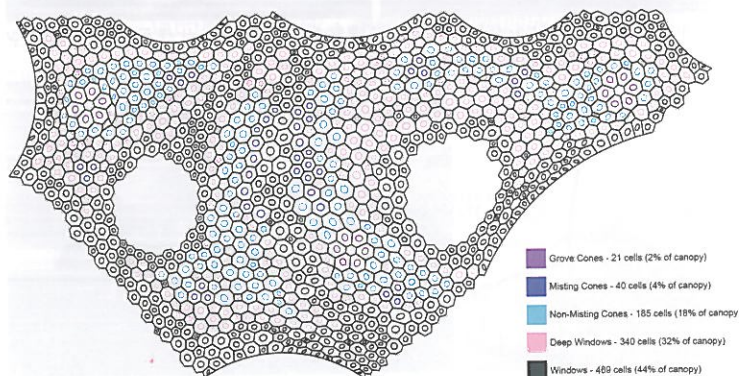
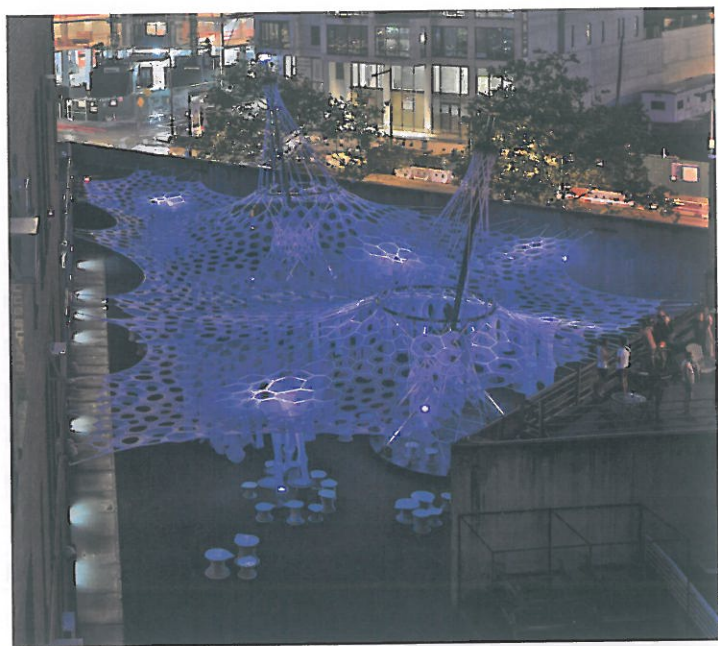
* * * * *

作品介紹

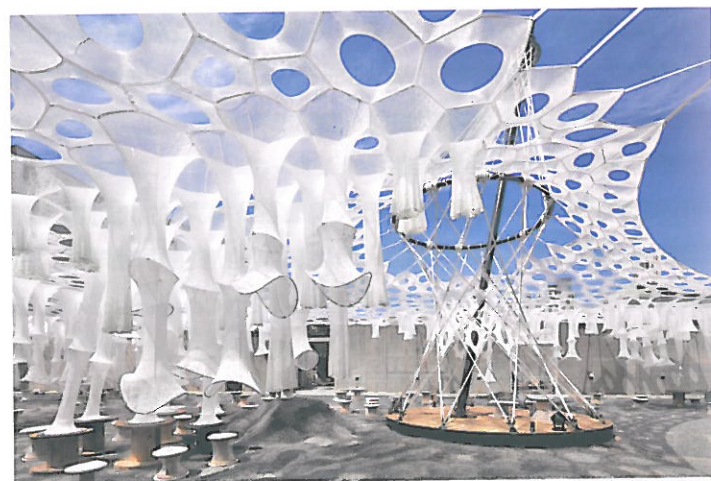
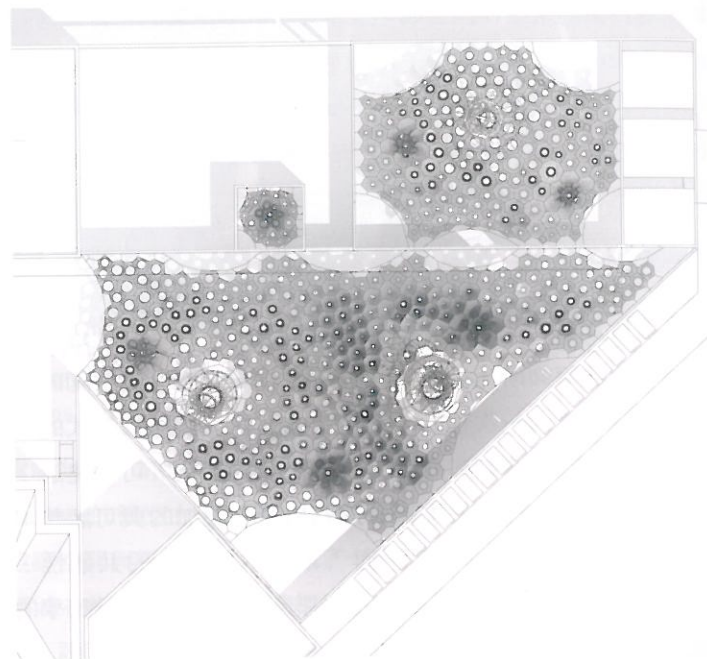
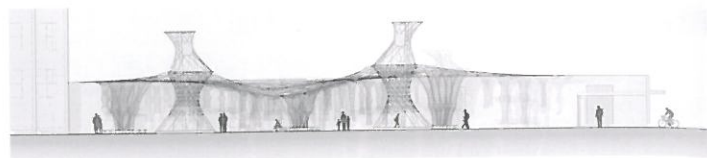
Lumen - MoMA PS1 2017

Lumen是紐約當代美術館MoMA PS1年輕建築師項目YAP (Young Architects Program) 競圖的得主，於2017的夏天展出，是目前世界上跨距最大的織布構造物。Jenny Sabin Studio帶領從設計到製造逾40人的跨域團隊合作完成這座受到生物啟發的戶外裝置，設計過程結合材料科學、數學與工程等學科共同研發；運用數位織布技術編織極致輕盈的六角環狀及筒狀布帶，在這些如同細胞一般的織布單元裡面，除了回收線材的使用，特別織入可回應光環境的螢光纖維材料(光致發光)（註7），裝置在白天吸收的光線成為夜晚多彩的光量；同時提供霧氣調節微氣候，使裝置成為一個可與環境及人群互動的公共空間。Lumen展現女性的姿態，提供著發光的內在、輕鬆日常的網絡及社交紋理，其彈性的纖維組織創造了表情多變而富有趣味性的場所。

作品 Lumen - MoMA PS1 2017 結構工程 Arup
 事務所 Jenny Sabin Studio 營造單位 Jacobsson Carruthers, LLC
 業主 紐約 當代美術館 數位織布技術 Shima Seiki
 座落地點 紐約 Wholegarment
 完工時間 2017年6月



織布單元類型分布圖

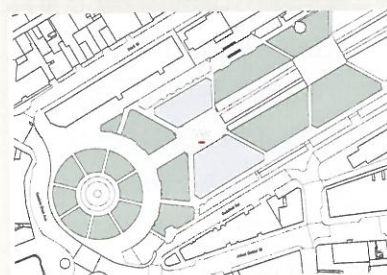


Solar Gate

Solar Gate 是一座位於英國 Hull 小鎮的日晷儀，Tonkin Liu 在 2015 年贏得這項公共藝術的競圖，項目於 2017 年夏天完工。Solar Gate 承載了「時間」與 Hull 在地歷史的主題，以十六道特定時間的太陽位置角度設計與之對齊的光圈孔洞，一旦特定的日期時間到來，陽光穿過日晷，射在對向的廣場上形成一個圓盤，便成為一道歷史的註記。雕塑有 10m 的高度，卻只用了 4mm 的鋼板鑄造而成；在 4m 寬度的正中央部分，它的深度不超過 1m，而在雕塑的兩端深度漸退到剩下 100mm 的端點，讓參觀者能從此處的開口窺見雕塑的背面，理解它的結構是如何被形塑出來的。兩片彎曲的、波紋狀的面材接合在一起，其中不見任何外加的輔助結構，其結構強度來自於雕塑的殼狀造型。這項仿生技藝稱為 Shell Lace Structure，是 Tonkin Liu 與 Arup 協作九年以上的研發項目，軟

體動物外殼的曲線、波浪狀與扭曲使它的形式與結構強度產生直接的關聯性，Shell Lace Structure 即是用這樣的結構原理優化型態，降低不需要的結構耗材。

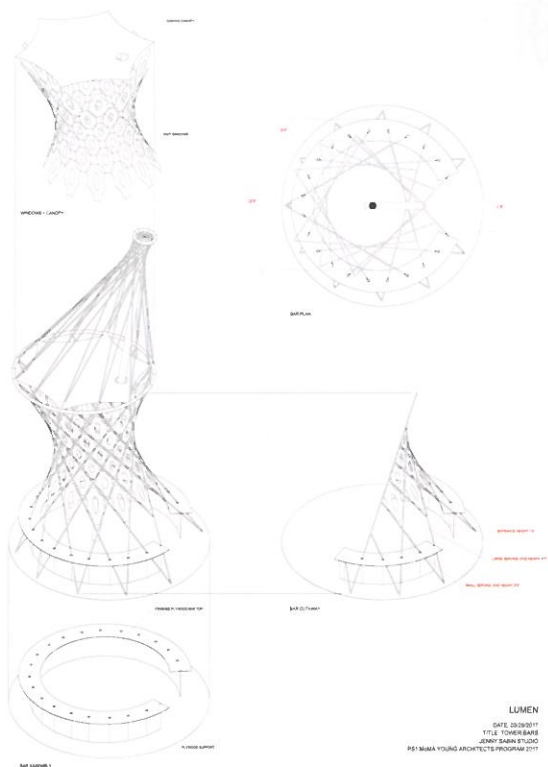
作品 Solar Gate
 事務所 Tonkin Liu
 業主 Hull City Council
 座落地點 英國 Hull
 完工時間 2017 年 11 月
 結構工程 Arup
 營造單位 Pearlgreen



Solar Gate 坐落於 Queens Garden 裡 Beverley Gate 的歷史遺跡旁(紅點之位置)



殼狀曲面構件展開圖



懸吊式柱狀結構物施作說明圖

竹夢潮厝

基地位於雲林縣褒忠鄉的潮厝國小，是一所公立的華德福學校。華德福教學強調從自然中、勞動中學習，大藏設計一款可以讓大小朋友共同參與創作的穹頂竹構，作為全校半戶外的集會空間。

歷史回溯：汴水虹橋與達文西的手稿

穹頂竹構的構造原理類似於北宋清明上河圖的拱形的木橋。其結構利用小構件之間的交錯互卡，創造出極大的跨距，被視為中國橋梁史上的獨特創造。相隔百年後，達文西也曾醉心專研此種構件之間交互卡榫的結構原型，此幾何穹頂成為穹頂竹構創作的設計靈感。



作品名稱 竹夢潮厝

業主 雲林縣立潮厝華德福教育實驗國民小學

座落地點 雲林縣褒忠鄉潮厝村96號

完工時間 2018年1月26日

設計者 大藏聯合建築師事務所

營造者 常民居工程有限公司

穹頂竹構的結構原理與優越性能

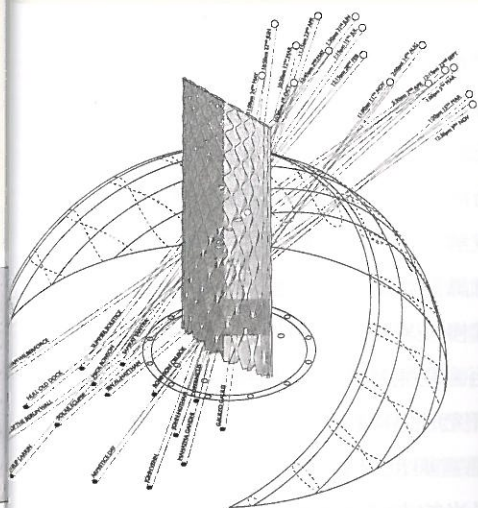
穹頂竹構是由三角形與六角形兩種幾何圖形的規律排列所構成的薄殼構架。此種排列組合的方式能夠利用尺寸小巧的竹桿件創造出大跨距的空間，是為一種效率極高的薄殼結構。

本案規模及接點固定方式

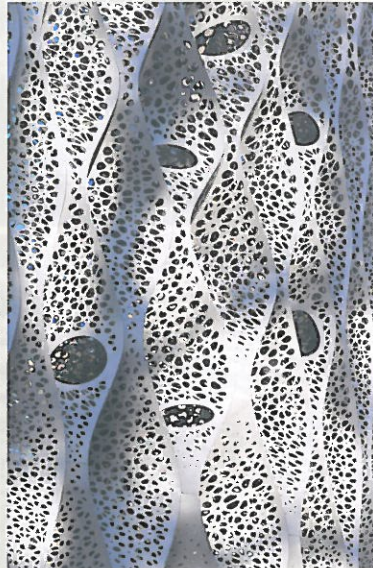
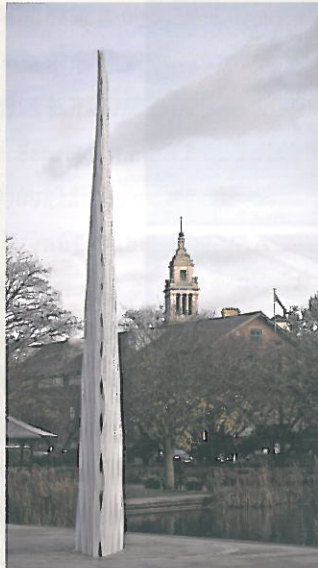
本案以大約3.3公尺的孟宗竹為單元，創作出直徑25公尺、高度6公尺的穹頂竹構。竹桿件之間的相接處以穩固的方回結加以固定，不但美觀且不需穿孔傷害竹材，形成一鏤空之架構。

穹頂竹構的接地方式

穹頂之結構底部以溪石奠基，以石頭的重量抵抗風昇力，以天然的建材以融入校園的整體景觀。



日晷裝置對應太陽的16束光道，每一道光線投射在地面上的圓盤，紀念Hull的歷史事件。



必要的冒險—突破邊界的設計研究

專訪Jenny Sabin, Anna Liu與李綠枝

採訪撰文／白千鈞

Take Risks and Push Boundaries! On Design Research

/ Interview with Jenny Sabin, Anna Liu and Lee Lyu Chih, the female principles from Jenny Sabin Studio, Tonkin Liu, and D.Z Architects & Associates

年多前，筆者在倫敦參加了一場以‘Unbuilt: Considering the Unbuilt Contribution to Built Environment’「未完成：思考從未落實的建築為已建造的環境之貢獻」為題的女性建築論壇。六個主題段落：引言、抽象、創新、進化、變革、生命力，共18位女性建築相關從業者輪番發表，從各自的角度回應主題進行對話。與談人橫跨世代，理論家、建築師、結構工程師、立面工程師、攝影師、工會主席、藝術家和策展人等。

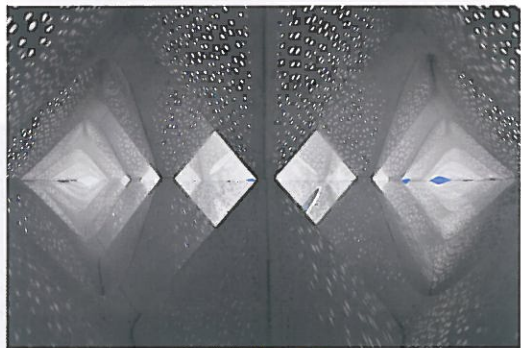
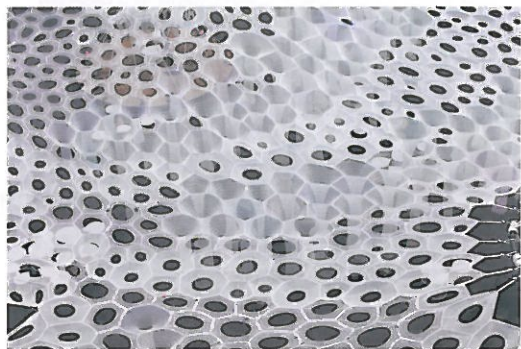
今年七月份，或實或虛，坐車或透過網路，穿梭往返於台北、雲林、倫敦、紐約的三段訪談，如今匯集在同一個時空裡，透過筆者的主題式訪問，三位女性建築師一同在紙上交流，盼能為讀者帶來一場以「設計研究」為題的建築論壇。

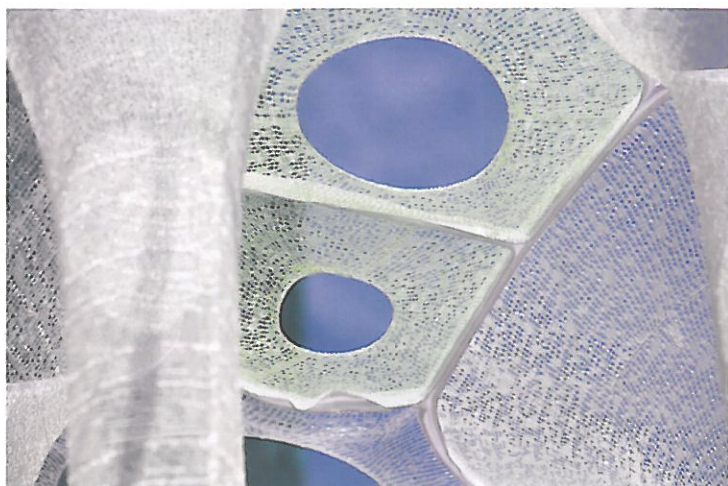
設計研究？

「建築是實體的藝術。」Anna Liu說：「處理任何一個真實的案子，我們總在回應『題旨』、『業主』及『基地』，唯有對這三個議題有深切認識，並從中獲得線索，我們才提出建築形式來對應，無一例外。」而建築的研究，Anna Liu認為是在動手勞作上的努力，與心智上的思考分析之間相互辯證的過程：手的操作帶給創作者整體的意象與訊息(informative)，經過對片段細節的理性分析(analysis)，建築的形成即是兩者的綜合(synthesis)。對於實質的材料性、原型、空間及形式的掌握，才能確保研究向外延伸、被驗證，突破邊界的創新就是這樣來的。

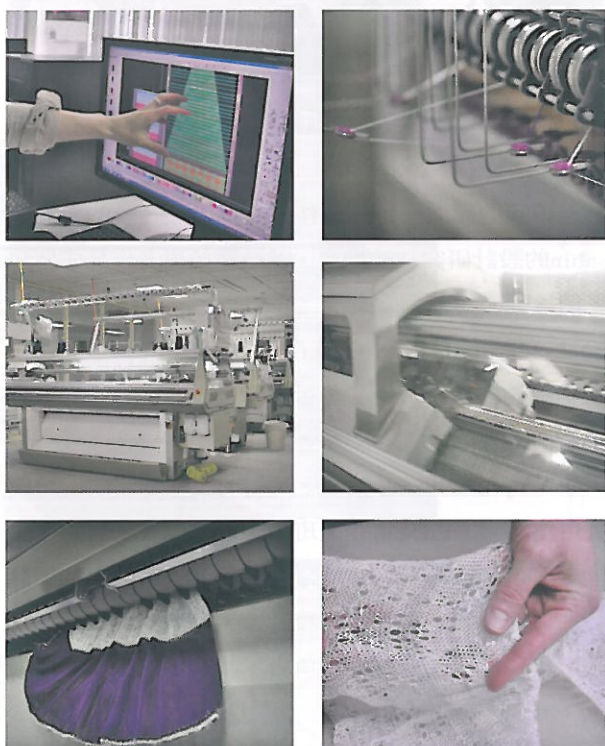
談到什麼是「設計研究」，在學校裡教書進入第13個年頭的Jenny Sabin先上了點歷史課。她引述史論家好友Mario Carpo的觀點，中世紀當Brunelleschi設計百花教堂時，動手製造與建築原為一組密不可分的思考過程，然而到了Alberti的時代，當平、立、剖、消點透視等圖面的繪製被發展成用來再現形式的溝通工具時，有效地將建築師從製作的過程中移除了；而我們所在的時代，因數位製造及運算思維的興起，建築師又重新被賦予製造者的角色。「我們正面臨一個激進的典範轉移，而在這個脈絡下，設計研究的重要性其大無比。」Jenny Sabin認為當代的設計問題仰賴跨領域的專家們集思廣益：「設計研究是延伸觸角向各領域建立橋樑，共創合作，把握當下的典範轉移能為我們帶來的可能性。」

「我其實也不知道我們是在做設計研究，經妳一說我才覺得好像是這麼回事。」李綠枝謙虛地回答我。回顧大藏六年多來的竹構系列研究，她如此詮釋「設計研究」：因為相信某件事情的價值，而開始朝那方向去走，經過無數的摸索與實驗，過程不斷地問問題，為尋找解答而研究、創造各式各樣的可能性。「當然設計是由主觀意識開始的，同時邊做邊研究去印證想法是可行的，然後就這樣慢慢累積。」她說大藏的竹構無疑是從很務實地發現問題開始，剛開始孤軍奮鬥的研發歷程雖然辛苦，卻也藉由竹建築的研究成果與行動，與更多社群人群產生連結，用竹子作為共同語言與世界交朋友（註8）：「開始有更多的力量進來，用更陽光的方式去面對，這才是設計的價值。」

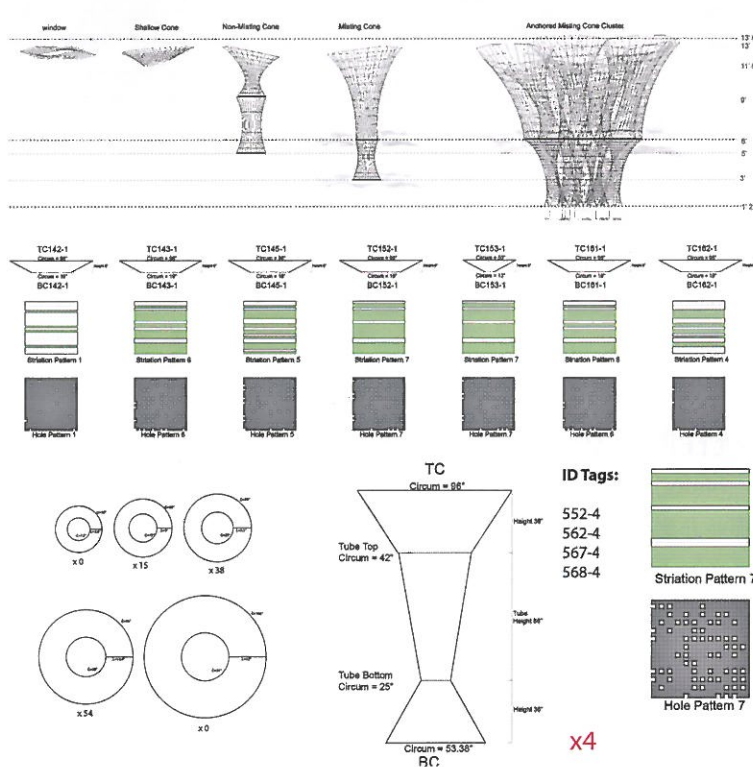




白天吸收光線，夜晚釋放光量的彩色螢光纖維



數位織布製成與圖形排列之設計研究過程



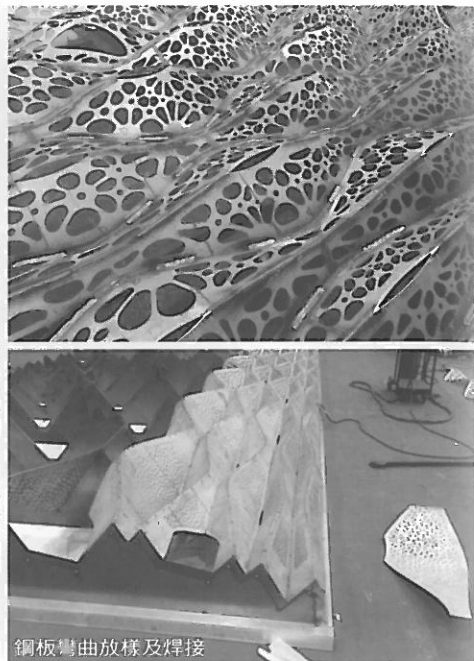
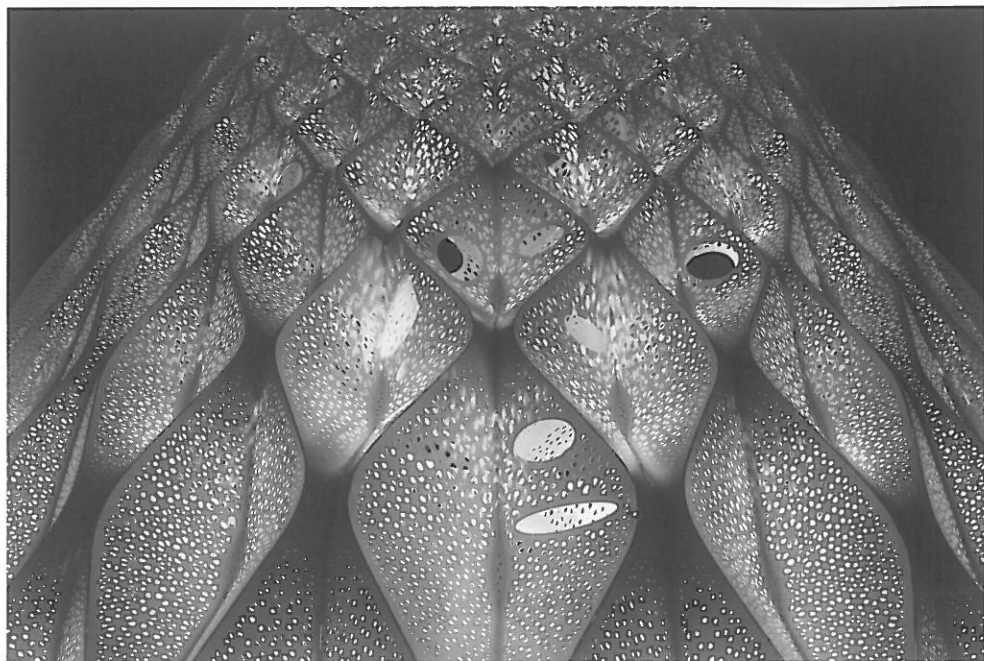
最初的起點

大藏的竹構志業，萌芽於某業主委託而開始研究竹子這個材料。深入探討之後，除了發現使用竹材的潛在優勢，卻也看見竹構相關製造產業鍊的斷層。「我們先是問：為什麼如此容易取得的，台灣的原生在地材料，居然都沒有人善用？」在訪談中李綠枝多次感嘆著「然後我們去研究老匠師們的傳統技藝，發現手工的施作技術性很高，而且很難標準化，很難推廣，因此我們覺得應該朝現代化的方式去重新開發竹構。」他們在過程中累積許多研究成果，包括構造接頭的設計、結構的強度試驗等。雖然案子終因故中斷，同時他們正在進行雲林農業博覽會的設計，便順勢將竹構築的想法帶進生態公園當中，開始了竹構的設計研究及實驗的旅程。

Tonkin Liu的Shell Lace Structure（以下簡稱SLS）系列研究，最初是個意外的插曲；故事始於一個海邊小亭(Seaside

Shelter)的競圖案，設計發想時他們以手作黏土模型，形塑出具有海浪意象的街道傢俱來回應題旨。在實作更具體的紙模型時，為求形態表現的純粹感而不希望外加結構，於是開發出以紙透過弧形的接合線，產生輕巧的立體結構單元。雖未贏得競圖，Seaside Shelter的探索經驗讓Tonkin Liu直覺SLS是極具發展潛力的設計方向，也開啟了迄今九年的研發路程。

Jenny Sabin在MoMA PS1的勝利充分體現了「機會是給準備好的人」：「當我贏得Lumen這案子的時候，我非常自信這些織布構造已準備好出去站在戶外了。」回顧織布系列的第一個作品，2012年Nike FlyKnit Collective委託的室內裝置myThread Pavilion：「Nike原是尋找以球鞋織布材FlyKnit為出發點的創意提案，因此當我們提出跟他們合作真實的裝置時，他們非常驚訝。」如此的野心與膽試，來自Jenny Sabin已醞釀多年的研發經驗（註9）：早些年她對編織與數位空間（雅卡



銅板彎曲放樣及焊接

爾織布機、打卡機裝置與計算機運算）關聯性，以及用生物觀點探討編織與纖維組成關係、表面設計及細胞形態學等議題投入長期的研究（註10），因此當機會來臨時，Jenny Sabin早已準備好將織布構造的潛力端上檯面。

系統性的思想：從設計到製造

Jenny Sabin的設計方向是大量受到生物啟發的，她一再強調那並非影像上的仿生，而是藉由研究生物形式背後的生成過程及生長行為，尋找建築能應用的原則及可能性。「生物提供我們強而有力的生態的典範，在生物裡面，幾何、紋理、材料性、機能、環境脈絡及互動等元素皆是整合在一起的。」Jenny Sabin用一樣的方式看待建築：它是複合的、由下而上的，同時也是關聯性的、系統性的。織布構造正是借用生物組織的複雜性來創造建築結構上的輕巧及效率。她認為這類的作品唯有透過跨領域合作才能往前進，「並不是要我的建築學生假冒成科學家，或要我的科學夥伴假冒成設計師，而是雙方一起研究相似的問題，探索我們能走到哪。」

從多年累積的經驗中，Jenny Sabin將她的設計研究工作的歷程大致彙集成三部曲：首先，她與團隊通常從設計發展數位工具、演算程式碼開始，這些演算法是用來模擬從某種材料系統裡發現的衍生行為，或某組特定的資料(data)；前期發展的工具被篩選過後帶進第二個階段‘prototyping’，前面的想法開始要面對實質的問題：尺度、建築的限制條件、製造端的問題、材料的限制等等；再來是第三個階段，某些prototype有機會被帶到更現實的營造環境及面對建築的生態。「這整個過程是刻意地緩慢而嚴謹，為了真正地將我們的研究置入去回應建築的問題。」對Jenny Sabin來說，多年來做過的各個項目就像是第二階段的Prototype一樣，透過不斷地測試與實驗，將根本

的研究連結至建築的領域。Lumen作為一個第三階段的作品，將Jenny Sabin的設計研究往前推進，讓她開始思考作品成為建築之後的下個挑戰。

Tonkin Liu的Shell Lace Structure（以下簡稱SLS）是形式、材料與結構的綜合體。「我們很幸運從SLS系列的第一個案子，就有結構工程師Ed Clark的全程參與。」Anna Liu感性地說著：「在Arup這麼大的企業裡，難得有人願意為無利可圖的實驗額外付出心力。Ed時常在上班前繞過來跟我們討論、畫草圖，他的參與是初期探索的一部分，絕對不是單純幫我們算數而已。」在這裡結構工程師也是設計師，扮演了Tonkin Liu「手腦合一」哲學當中理性思維的角色，並協助他們發展出一套清晰的工作流程。

以直覺式的手作模型開始探索，Anna Liu口中的「過程模型」(Processing models)並非機會主義式的亂槍打鳥，而是一種具步驟性的研究工具。數位的模擬對她來說是建築方案確認之後，在設計如何實踐的細節時，為追求合理性與精準度所使用的工具。以SLS為例，設計師在電腦裡模擬實體的3D模型，透過數位模型定義出形體的幾何，及導入工程師的軟體來研究形體、版材厚度、沖孔的分佈與結構強度之間的關係。「光是結構精確化的過程就可以來回30-50次，這只有電腦才辦得到。」之後再以軟體攤平繪製每片版的輪廓，雷射切割再製實體模型用以檢視。這整個從實體到虛擬再到實體的設計過程，還會重複幾次直到作者滿意為止。「了解你擅長的領域非常重要，否則你一定會迷失。」解釋流程時，Anna Liu特別強調的這句話，不但闡明了建築師與工程師的合作關係，同時釐清人類與機器共同創作時的原則。

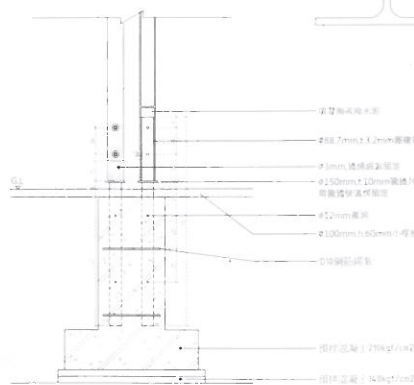
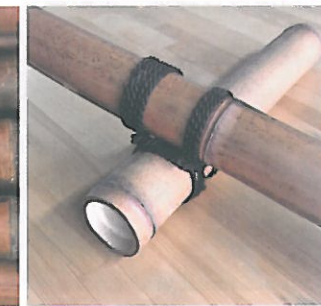
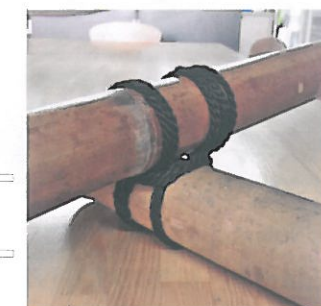
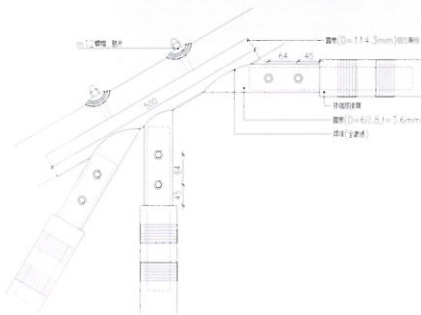
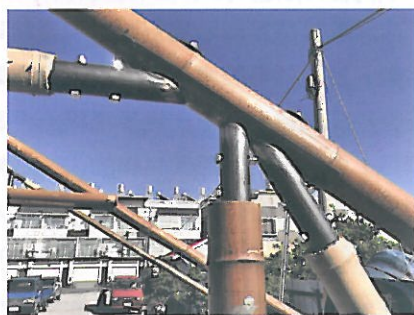
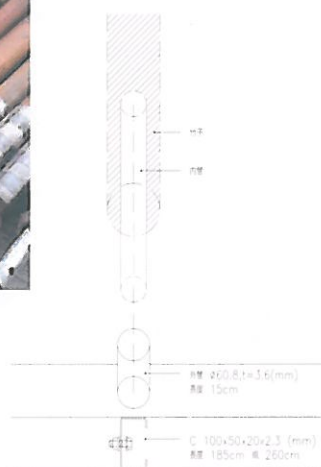
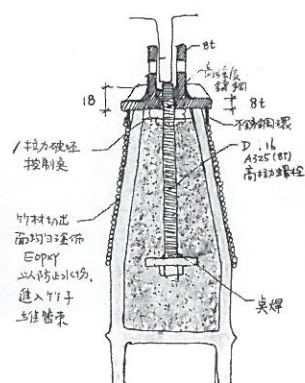
Tonkin Liu SLS九年來的研究及無數提案嘗試，截至今日唯有Rain Bow Gate (RBG)及Solar Gate(SG)兩案被落實，然而其

完工時成品幾近完美的成熟度，令人難以相信這是第二次的實踐。負責SG案的鋼板製造商是Hull當地的廠商Pearlgreen，對比於負責RBG案的合作廠商，這家公司並沒有先進的技術，Anna Liu坦承剛開始確實有點擔心。不過她很快就改觀了，她看到他們為這案子非常進取地學習新工具，也在挑戰自己的極限，願意投入時間與建築師一同測試、解決問題。在SG案中，採用冷形塑法彎曲4mm的鋼板，模板的製作也經過一番研發過程；另一項突破，相較於RBG案的「虛線焊接」，是採用連續不間斷的焊接法，增強結構性。

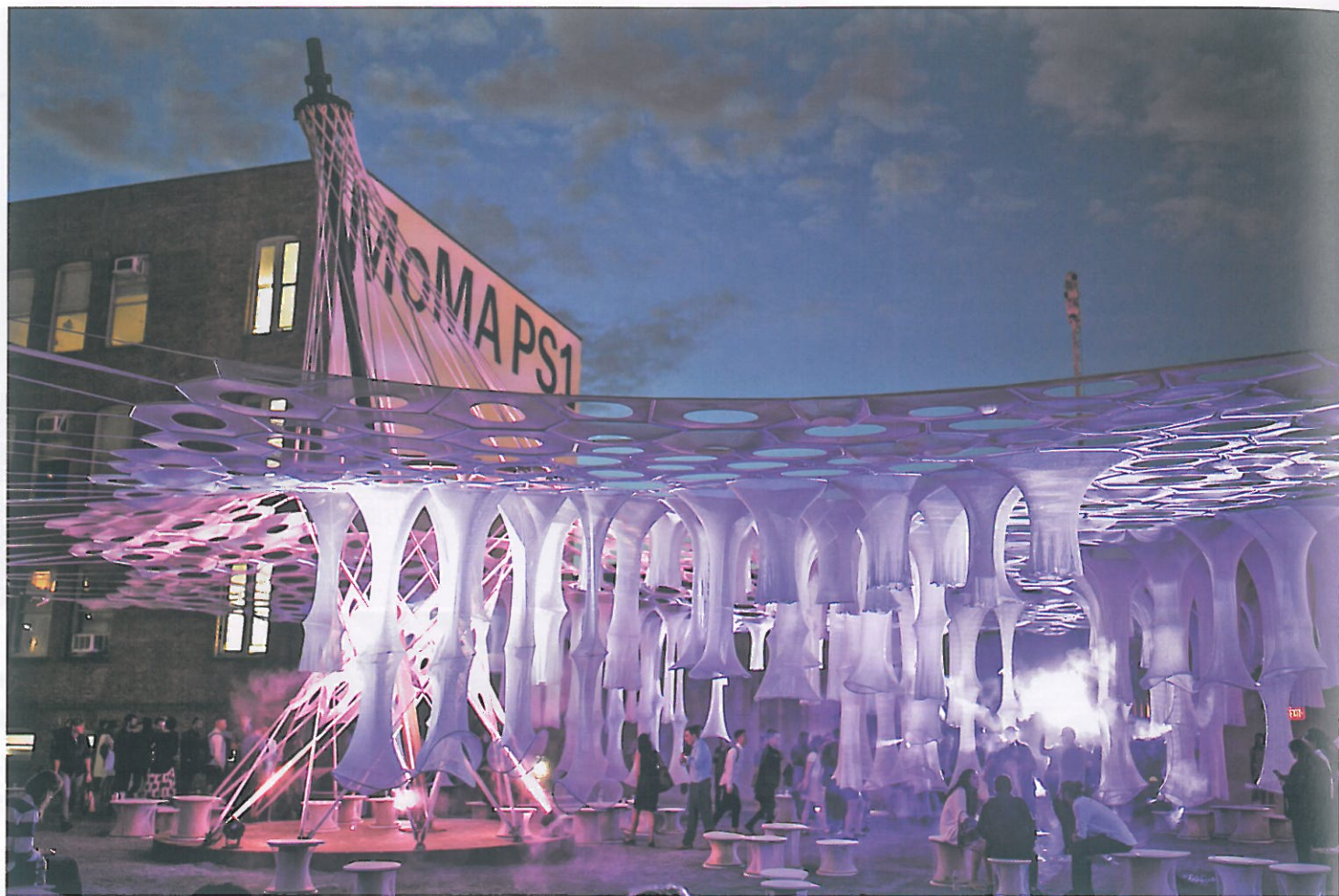
談到大藏用竹子做為材料的哲學，李綠枝說，農業是直接依賴水、土環境的，過去農村自給自足其實是很自然發生的低碳示範。而竹子是很有機會自給自足的建材，相對於礦產有用盡的一天，竹子是經光合作用能量產生的物質，自然生長源

源不絕，相較於木材生長速度又快（4-5年可成材）台灣擁有這麼多竹子，很值得被研究開發，成為下個世代的建材資源。除了資源的角度以外，李綠枝認為自然材的優點是材料的可親性，容易讓大家一起動手做，尤其材料即來自他們所在的鄉下，人們共作時有特別的情感連結：「竹子是有溫度的。」對她而言，地域性就是善用當地材料所賦予的原生的力量，自然會形成的建築特色。大藏使用竹子的方式，並不用作集成材、或裝修材，而是使用原竹、全竹本身作為結構元素。李綠枝解釋，這是善用竹材本身的結構韌性，盡可能發揮竹子的性能：「對材料了解透徹，才能為竹子找到適當的位置。」

在大藏的竹構築系列中，構件接頭的設計扮演關鍵的角色，而經過一代又一代的設計演化過程，接頭的做法是由繁入簡，愈做愈簡單。一方面是讓造價更便宜，使用竹子的效



大藏多年來竹構築設計演化：掌握材料特性，由繁入簡的構件接頭。

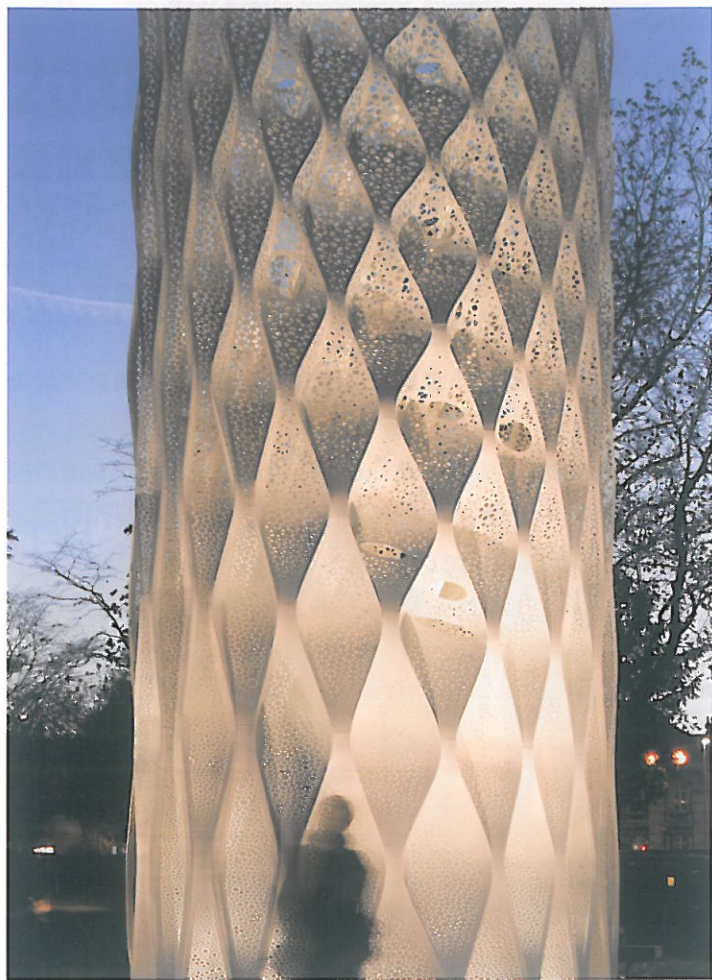


率更高；另一方面，新的材料處理「高溫乾燥法」（註11）被研發出來，材料更耐久、不容易裂，加上大藏對材料物性的熟悉程度日益精進，也影響著他們對構件的設計發展。「有人建議我們應該申請專利，但申請過程既花錢又冗長，同時設計一直在往前走，等到專利下來這做法大概已經被我們淘汰了。本來做這事就無利可圖，應該乾脆更開放一點，鼓勵大家來用，反而造就一種運動。」後來我告訴李綠枝，我覺得大藏的竹構築有很強烈的當代性，它正是人們在談論的「開放共享資源」（Open Source）的概念，「常民」（註12）的真正意涵與力量，或許就來自將資源開放出去的那一刻。

將人們匯集起來！

大藏的竹構築是一場行動，一場動員人群捲袖子參與的社區活動。自然材料的應用，要走向設計與營建專業分工，還是社區參與式的自力造屋，邊界模糊：「雖然我們希望它被發展成項目，但很多時候需要竹構的人，是學校或非營利組織，當他們也想參與的時候，我們思考設計的方式就會不一樣。」站在管理者的位置，李綠枝坦承面對施作的風險會較為保守，但隨著每次累積的經驗，團隊成員們除了設計也學會兼顧許多事情，讓他們一次次地更開放更突破。「在鄉下做事，更多是依靠行動，必須跟所做事情發生情感與連動關係。」大藏的竹構築讓低成本的好設計成為可能，也提供有需求但經費有限的業主們另一種機會創造好的生活環境。

我問Anna Liu是什麼原因促使Tonkin Liu能號召合作夥伴，包括工程師、營造廠，乃至於業主，以非常態的方式共同開創未知？她謙虛地回答：「因為他們也相信這件事將給他們帶來的價值。」她表示，公共藝術之於一個地方，有著情感上的連結，它代表市民的驕傲。對小鎮的營造廠來說，因適逢產業轉型，新案子帶來的契機令他們振奮。至於業主，地方行政單位，除了必須相信作品的獨特性將為地方加值，有值得冒險的獎勵在後頭，有業主能信賴的、有經驗的團隊也是關鍵，「畢竟與一群好的人合作事情不可能出錯。」



Jenny Sabin對她以生物行為作為發想的設計，有著更高層次，關於人文面向的想像：她希望這樣奇特的空間型態，能藉由某種對自然界的熟悉感而與人類產生共鳴。她與我分享Lumen的參觀者給她的迴響：「有人告訴我參觀這個案子使他們感到平靜，抑或是忙碌一天當中短暫的靈光乍現；有人希望這案子出現在他們家附近的公園、或者在小孩的學校裡，有人甚至建議可以設在醫院裡。」她覺得這些作品所創造出與人們互動的效果是非常具啟發性的，這使她更確定她所追求的，不論是創新材料或製造流程，都是為了創造以人為中心的環境而打造。

未來？

我請Jenny Sabin從歷史的角度回顧走來的路，以及分享對未來的期望。她說她被認可為跨領域設計的先鋒者，事實上在2000年代的初期，有這麼一群人像她一樣追求著突破邊界的設計，如Achim Menges, Neri Oxman...等人，他們每年都在Smartgeometry或Acadia等數位設計論壇上碰頭分享各自努力的成果。Jenny Sabin特別感謝當年這些一起成長的同輩們一直以來給她的激勵，也慶幸有藝廊與博物館的策展人，將這些前衛的作品展示給更廣大多元的群眾們。

Lumen的經驗讓她深刻體會到，要實踐這類的案子及運

用新科技，所必須克服的障礙有多大，包括營造體系、法律層面的，及材料規範等等。在事務所開始接到更多永久建案的同時，Jenny Sabin期許未來二十年內能真正理解運用新材料及設計流程的意義，如此一來人們能享受它，也能開始試著解決更急迫的關於永續性及環境的議題。「永續環境看似不是我的專長領域，但因為我們做設計的方式，我們終究是碰觸到這些議題。在建築界為了關心能源的消耗，發展材料科技與制定新的規範去解決問題固然重要，但那只是其中一部分，同時我們也需要以概念性的方向去探討這些議題。例如我們在Structural Color（註13）與3D printer方面的應用，除了很機能性的解決問題，同時也滿足了人們對美、趣味性及愉悅感的需求。」

Anna Liu對未來的世界充滿開放及正面的想像，她告訴我2014年Tonkin Liu在英國建築師公會RIBA展出Shell Lace Structure系列研究（註14），得到許多迴響：一位醫學研究者，在聽完演講後向Tonkin Liu 表達合作的意願。SLS的幾何原型啟發了醫療器材的設計，經過一番努力後，雙方合作的研發成果—輔助呼吸道暢通的臨時用支架—得到‘Innovate UK’的資助，並取得專利，近期將公開發表。此外，在過去八個月中Tonkin Liu以SLS的設計連續贏得兩個建築案，「看來，人們終於接受且相信它是辦得到的！」

我請Anna Liu以一個教育家的角色，給新一代年輕建築師建言。「游刃有餘地操作數位工具，而不是讓電腦（或機器）操控你的設計；訓練直覺的敏銳度，敏銳讓你能盡情拓展設計的可能性，同時也知道運用在適切的地方。讓人類與人工智慧合而為一、無縫地一同工作。數位工具能使設計做到非常準確精細，而人類的直覺能使設計有寬廣的影響。調和複雜與純粹是極其重要的。人們需要的是既容易理解又豐富多樣的；人們喜歡很直接的東西，就像數位科技發展的速度與程度總令我們興奮，但同時關於建築的物理定律，它非常地簡單、緩慢而且從未改變過。因此我鼓勵大家做簡單明瞭的東西，卻又不失多層次的豐富度，能隨時間而開展，如此能成為一個非常好的建築師。」

關於未來，李綠枝希望能創造好的工作環境，給後進多一點機會：「我們做別人沒做過的事情，研發、摸索的過程辛苦，一旦做過以後覺得這是可行的，把過去的困難看清楚，就



Tonkin Liu 近期以Shell Lace Structure贏得Oval Court與Tower of Light兩個建築案

能找到對策去面對未來。」而她也強調經驗傳承的重要性，要讓新的人覺得有動力、使命感，及找到一個自己可以開創的舞台。她認為現在早已不是什麼大師主宰的年代，也不似過去建商大開發的時代有某種商品模式，與其做什麼偉大的創作，不如去開展一個平台或可能性，以各種方式創造或改造環境。現在，設計者與使用者關係拉近，使用者可參與到前端的設計，設計者可參與後端的使用；當設計者與使用者這麼接近，設計就不是只求表現，會有更務實的考量，也會更誠懇地面對創造環境的課題。

結語

去年在倫敦的女性建築論壇中，雖以「未完成」為題，18位講者分享的都是真實已完成的歷程；迴響於講者的互動之間的，是信念帶來的啟發，及航向未知領域的勇氣與執著。去年的感動記憶猶新，如今透過訪談行動的串連，三位受訪者同樣的關鍵回應：「就是要冒著風險去做！」，像是畫重點一樣重複地給筆者精神喊話，也彷彿是在對我說，這世界上有很多正嘗試突破邊界的夥伴，歡迎一同加入她們的行列！

註釋

1. “Close this Biennale!/Patrik Schumacher”, Web. 28 June 2016 < <http://archeyes.com/close-this-biennale/> >
2. Carpo, Mario. The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence. Cambridge, MA: The MIT Press, 2017, pp.57-58
3. Reiser, Jesse. Atlas of Novel Tectonics / Reiser + Umemoto. New York: Princeton Architectural Press, 2006, No. 65
4. Reiser, Jesse. Atlas of Novel Tectonics / Reiser + Umemoto. New York: Princeton Architectural Press, 2006, No. 23, pp.110-113
5. Frazer夫妻於90年代將「運算思維」帶進AA建築聯盟，在與Cedric Price、Golden Pask的合作之下，與Diploma Unit 11的學生共同實驗創作AA裡最早的數位媒體互動裝置，其教學研究成果收錄在‘An Evolutionary Architecture’一書中。
6. Carpo, Mario. The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence. Cambridge, MA: The MIT Press, 2017, pp.70-79
7. Wiki:光致發光（Photoluminescence，簡稱PL）是冷發光的一種，指物質吸收光子（或電磁波）後重新輻射出光子（或電磁波）的過程。從量子力學理論上，這一過程可以描述為物質吸收光子躍遷到較高能級的激發態後返回低能態，同時放出光子的過程。
8. 大藏從投入竹構研究以來，積極加入台灣竹會，及參加世界竹會的竹論壇，藉由參與活動與各國交流竹構的技術與知識。台灣將為2020年世界竹論壇的主辦單位。
9. Jenny Sabin自2005年起從賓州大學到康乃爾大學的建築設計工作室與跨領域研究室Sabin Design Lab，並設有設計事務所

Jenny Sabin Studio。

10. Jenny Sabin與生物學家Peter Lloyd Jones自2006年開始長期的合作關係，結合建築、數學、材料科學及細胞生物學等多元領域，發展生物啟發的衍生式設計工具。<http://labstudio.org>
11. 「高溫乾燥法」是大藏與農委會林試所合作研發，成為獨步全球的材料處理技術，高溫乾燥後竹子水分較穩定，不易開裂、蛀蟲、發霉。相較於過去以柴油、硼酸等處理法，高溫乾燥大幅降低環境污染。
12. 大藏於2015年成立「常民居工程有限公司」專門負責竹構業務。
13. Wiki：結構色（英語：structural color）是光入射到空間周期與波長相近的物體上時，由光的散射、干涉或衍射作用而產生的顏色。通常見於CD和肥皂泡等物品。
14. 搭配RIBA展覽，Tonkin Liu在2014年出版了Shell Lace Structure的研究論文暨設計作品集The Evolution of Shell Lace Structure。

