

竹構築十年

從竹構工藝精神到工業化的探討

撰文 | 李綠枝（大藏聯合建築師事務所建築師）

從雲林農博（2013年完工，2015年臺灣建築獎首獎）到長榮堂（2022年完工），讓竹構築從野地實驗進入大學殿堂；這10年，也從孤軍奮鬥的開路先鋒到陪伴年輕設計者的人才培育計畫，我們走進共榮共享的新世代。

十年前的悸動

雲林農業博覽會園區為 2013 雲林農業博覽會而興建，展後更名為農博公園，部分展區改為常設繼續開放參觀。評審團因為農博：1. 整體園區的規劃追求永續環境的態度 2. 竹構造材料的進化性 3. 產業與材料未來可能性發展的突破等原因，將本屆臺灣建築獎頒給大藏聯合建築師事務所。

大藏建築師事務所在本案負責園區前期規劃，人工濕地及水資源供應，入口棚架、餐廳、碳匯林場等建築空間。讓一片荒廢十年的

林地重新整理，原本沒有水資源的基地，引入周邊生活用水淨化後，形成人工湖和人工濕地，帶來生態多樣化轉變。園區的竹結構方面，在三個不同地區（入口、餐廳、碳匯林場）測試不同竹構造的可能，而有不同表現，同時具自我進化性，讓園區整體規劃以及材料與構造間，都有一貫性永續環境的概念，足堪表彰。

大藏聯合建築師事務所

亞熱帶的臺灣，從平埔族人干欄式建築就地取材木竹建構屋架、茅草蓋頂；三百多年前漢人移入，利用木竹建構屋架、利用土建造土角厝、又進步到利用磚塊；日治時期，革命性的建材—混凝土引進，在潮濕多地震多颱風的臺灣土地上，混凝土成為近代建築主流材料，建築成為大地不可承受之重，再也難以輕柔的方式觸碰大地。

在21世紀的近代，歐美、東南亞開始有



雲林農博生態園區嘗試竹材多樣化運用

喜愛竹子的設計者、建築師嘗試用竹子蓋房子；臺灣現代的竹建築可以說從大藏聯合建築師事務所規劃設計雲林農博生態園區開始，在常設設施和展場嘗試多樣運用竹材的可能性，也可以說農博給了大藏探索的機會。

與竹建築相遇的時光隧道

回溯我們與竹建築相遇的時光隧道，則要說到更早的幾件事：

- 2000年大藏聯合建築師事務所同仁參訪

Simon Velez為德國的漢諾威世界博覽會建造的ZERI-Pavillon，驚訝在不產竹的歐洲，建造出粗獷的竹建築。當時大藏已是國內少數認真嘗試鋼木等輕構造的事務所，比起RC構造複雜許多的鋼木構造已經讓甘銘源建築師很費心，竹這種難以駕馭的材料只能說是驚鴻一瞥，放在心上、但不敢碰觸的綠野精靈。

- 2011年廣達文教基金會選定嘉義縣梅山鄉瑞里國小做為「瑞里、廣達游藝棲習地」，廣達邀請大藏一起協助瑞里國小



臺北客家文化公園竹夢市集

重新興建圖書館，可說是大藏參與竹構築設計的開端。當時考慮偏遠地區適合輕構造，原本規劃一棟木構建築，林百里董事長建議使用更在地的材料，銘源想到滿山遍野的竹林，為何不拿來作為建材？就這樣踏上竹構築的不歸路，廣達支持竹構相關的樣品試做、及試驗，包括成大結構實驗室的抗拉抗壓試驗，後來雖然因土地問題而停擺，卻累積不少可貴的經驗。

- 2011年末同時規劃雲林虎尾農博基地，甘銘源和雲林故事人協會的唐麗芳老師說我們想在農博基地蓋竹建築，2012年2月初唐老師邀請藍色經濟（The Blue Economy）及零浪費基金

會（Zero Emission Research Initiative ZERI）創辦人Mr. Gunter Pauli，在雲林故事館舉辦一場座談會，分享他的團隊2000年在德國所建構世界上最大的竹建築的歷程，同時也得知每3年一次的世界竹子年會（World Bamboo Congress, WBC），將於年4月在比利時進行。為了多了解有關竹子相關的發展現況與趨勢，甘銘源和唐老師等一起前往比利時見學，感受到世界各地對竹子相關的利用的熱潮。2013年這群向世界探尋竹的未來的人士成立了社團法人臺灣竹會，唐麗芳老師擔任創會理事長。



華德福大地實驗教育學校的竹建築

竹建築在臺灣，依然孤單

雖然竹子是臺灣過去原住民與先民家屋常用的材料，為何在現代化的進程中缺席了？要運用竹子在現代構築也不是復舊傳統工法可以達到的，應該與時俱進面對竹子耐候、並成為構件的關鍵課題，包括保存技術和接頭設計等；農博公園竹造設施歷經多次颱風、地震，依然屹立不搖，充分證明竹子的堅韌特質，也讓我們對竹材增加不少信心。

農博之後，2015年大藏竹構築首度落腳都會公共空間，從鄉野轉向都市的民眾招手，臺北市客家文化主題公園的竹夢市集的

竹棚架輕易化身都市廣場進入社區公園的入口意象，成為假日市集及活動的舉辦場所，為過往民眾遮雨蔽日，也成為我們竹夢大願的另一次具體實現。

2015年夏天，華德福大地學校的創辦人找我們規劃設計校舍，在這重視心靈與感官相互交融的教育現場，我們用清淨的資材、素樸的形式來營造校園環境，在建材選擇上減少混凝土用量，盡量不用石化產品，以及多使用本地的自然材料，同時要兼顧耐候、且平實價格的條件，採用臺灣本地的竹材作為主要的結構材料（面對用不起木構、又想用自然材料的現實）。竹材屬於非防火的建材，在堅持無毒、呈現自然構築的環境下，



推廣給大眾的竹構築出版品《從竹子到竹房子》

大地的校舍算是臺灣少數較大規模的非防火構造。為了努力控制預算，時時要檢視：簡練的構造工法、格局方正的量體、質樸少裝修的空間設計等設計原則。

使用竹子蓋房子，可以說是最短碳足跡的建材，也是在地竹材利用的最佳途徑，從產地、到加工、到施工不容易被進口材料取代（尤其是加工度低的原竹利用，一定直接使用臺灣竹材）；但整個產業鏈斷裂，使用者不知道可以選擇竹子當作建材，設計者不知道竹子的特性、難以下手。大藏接到竹構築的設計，面臨沒有現成的加工品可以運用、沒有工班可以承接工程，只好跳下去參與保存技術的研發試驗、土法煉鋼承接工程。

儘管大藏已經初生之犢不畏虎地率先投

入竹構築設計甚至施作，竹構築仍乏人問津。

竹構人才培育

2016年末，甘銘源擔任第2屆臺灣竹會理事長，2019年末連任第3屆理事長。原籌備2020世界竹論壇在臺灣因疫情緩辦，林務局仍補助臺灣竹會配合桃園地景藝術節的竹裝置作品展出，工作團隊同時思考如何將使用竹子的理念、和用竹子蓋房子的科普推廣出去。臺灣竹會勻出一些資源編製一本推廣給大眾的竹構築出版品《從竹子到竹房子》，曾在大藏設計大地華德福學校的陳鈺雯成為這本竹竹房子書的主要撰稿人，同時彙整過去大藏、陳冠帆技師以及成大建築系等經驗和試驗成果，編製了線上版的竹構築指南。

《從竹子到竹房子》一書得到很好的迴響，可見大眾對於竹子做為構築材料有所期待。此後，臺灣竹會向林務局提案辦理竹構設計人才培育計畫，在2021年、2022年辦理了第1屆、第2屆構竹林鐵計畫，為有潛力的設計者搭設舞臺，陪伴他們認識竹子的基本特性和工法，在過程中及成果展現時透過媒體提高能見度。本期報導2021年第1屆構竹林鐵作品，由陳冠帆技師、許倍銜老師擔任社會組和學生組的策展人，各遴選6組設計者參加，經過1年的創作和施作，成果讓大眾眼睛為之一亮，讓挹注資源的林務局很有信心，也促成行政院核定「新興竹產業

發展綱要計畫」。

期許更多的使用者喜愛這樣有溫度的構築方式，也期許更多年輕專業者用身體感受建築，實實在在和土地連結。有句話說：

「一個人走得快，一群人走得遠（If you want to go fast, go alone, if you want to go far, go together.）」。再加卡繆（Albert Camus）的這段話，正是竹構築十年最好的註腳：「別走我前面，我不願跟隨；別走我後頭，我無意領導；與我同行，做我的朋友！（Don't walk behind me; I may not lead. Don't walk in front of me; I may not follow. Just walk beside me and be my friend.）」

作為焦點的竹桁架結構

一方面以臺灣竹會理事長的身分推動竹構的科普教育、專業者培訓，甘銘源另一方面以建築師身分持續促進竹建築躋身現代建築，長榮大學竹構集會堂因為有陳冠帆技師的協助，竹桁架結構成為建築設計的焦點。環繞圓心的24組半月形竹桁架。每組竹桁架以鋼構為接頭，以臺灣本地的孟宗竹、桂竹為骨幹。弧形的下弦在室內成為最主要的空間亮點，是結構的同時也充滿了藝術的表現力。

長榮堂最大跨距18米，加上3米的出簷，屋頂的直徑是24米。竹桁架設計為半月



形，約於桁架的3分之1處立於RC柱上，此處對於強度的需求最大，所以在這裡桁架下弦為3層竹子，離RC柱較遠的另一端則為2層竹子，透過構造直接反映了桁架內部的力學行為。

一般人印象中的竹材是有彈性、易彎曲的特質，傳統建築常使用的荊竹是叢生竹，的確是有自然的彎曲度。然而臺灣目前易於大量採收的竹子桂竹、孟宗竹皆為散生竹，本身較直、長度較短，為了使竹子可以在臺灣潮濕炎熱的氣候下耐久，我們經過數年的探索，作為建材的竹材全部都經過高溫乾燥處理，以無毒方式控制其水分及糖分。高溫處理過後的竹子強度提高、但彈性減低，在製作竹桁架的時候，竹構師傅需要一枝一枝的烤彎竹子、續接，然後放到模具上定型、再組成桁架，彎曲竹材也成為竹建築在現代化過程中的關鍵技術。

一比一的竹桁架結構試驗

陳冠帆技師說竹結構設計不難，但竹子是自然材料，施工過程的不定因素是最大挑戰。雖然有專業結構技師全程參與設計過程，業主也十分支持建築師大膽的嘗試，但為了使所有人（包括設計團隊）都更有信心，設計與施工團隊在業主的支持下，在工程發包前先製造了一組桁架，進行1比1的結構測試。

測試方式是由結構計算書找出屋頂可能承受的最大向下垂直力（包含最大的瞬間風

壓與屋頂自重），算出在此情況下的每一組桁架平均所受的力，然後用沙包做為砝碼將載重加到桁架上。計算後得出每一桁架應負擔5噸重的載重。

第1次的試驗，在負重加載到4噸重的時候，用來承載沙包的臨時金屬構件變形，造成桁架歪斜，並且有竹子裂開的聲音。雖然並非桁架本身破壞，但團隊還是決定終止試驗。經過觀察，發現剛剛竹子裂開的聲音來自桁架斜撐短桿的尾端。設計與施工團隊討論後，決定將斜撐短桿與上弦的竹子全部抽換，並且在短桿的尾端保留竹節，以增加強度。第2次的載種試驗十分順利，桁架承受至5噸的沙包後，靜置半個小時，並沒有任何的破壞或是持續變形，1比1試驗就此圓滿落幕。

從竹構工藝精神到工業化的探討

從雲林農博到長榮堂，讓竹構築從野地實驗進入大學殿堂。竹產業現代化何去何從？

有人期待竹建築像藝術品一樣美麗，說為何不能像峇里島的Green School那樣奔放絢麗、又有精緻的工藝質感？說為何不能像藝術大師的竹裝置藝術那樣空靈有意境？君不知峇里島沒有颱風，工藝傳承沒有斷層、工資又低？而曇花一現的裝置藝術，無須負荷人們的使用需求、穿越長時間的氣候考驗。

有人期待竹建築像工業化材料製品一樣有效率，問為何不能大規模、大尺度的建造？為何不能像鋼材、木材那樣隨設計想要的形狀就可以製作出來？又有諸多設計上的限制（形狀不一，接頭設計要因應；竹子不能淋雨，要有深出簷保護），真麻煩！

有人期待竹建築像鐵皮屋一樣便宜，會打電話、或發信來說可否幫我在我家後院、農地上蓋個小竹屋或竹棚？只好說目前沒有既製品，手工打造很貴的喔。

有人認為竹建築是鄉土的代表，認為竹建築應該優先在客家村、原民部落發展，以建立地方風格。殊不知他們早想要擺脫竹建築的貧窮意象，對於竹子的耐候性也不信任，如果必須配合觀光發展、迎合都市人的眼光，那就在鋼構、或輕鋼構的外表加上竹子的裝修，好一點的還有點文青氣氛，次之的就像土雞城的廉價鄉土語彙。

我們並不是想要用竹子取代主流的建材，或適用各種類型的建築，只是希望這麼多、又生生不息的資源能夠被這個土地上的人們所運用（成為資產，不要是負債），讓竹建築不要在現代建築中缺席。希望人們對竹子不陌生，接納它在生活場域出現；希望專業者對竹子不排斥，學習運用它在適當的所在。

在長榮堂的設計，一方面仍希望竹構能夠傳達手作的工藝精神，不同於RC的厚重，也用曲線表達竹構不同於木構的特質，事實上因為產業的斷層，這樣大型的竹桁架仍是用人工彎竹等加工方式，在製作過程透

過手作不斷校正視覺感受。另一方面，採用桁架這樣通用的結構系統、以絕對對稱的圓形定義規則，希望是竹建築可以推廣的，並透過一比一的竹桁架結構試驗得以更有效率驗證設計，想來找到規則和提升效率也是工業化必經的過程。

竹子要走進現代建築，不是鄉土建築的附庸；竹子做為建材，長遠目標要工業化，曾經輝煌、但已式微的竹產業還待產官學界共同努力才能重新建立。我們知道量化才能建立起產業，更規則化的集成材可能是工業化必然的出路；然目前的現實條件是，竹集成材比木集成材還貴很多，若要從工資便宜的東南亞或中國移回竹產業，還要比進口的貴更多，幾乎打不開市場。十年來的摸索，原竹桀驁不馴的個性恰也讓設計者磨練一下，讓設計者有邊界感、接地氣，來日運用起竹集成材方能恰如其分，扎實的工藝文化才是產業發展的靈魂。