

# 長榮大學長榮堂 大跨距竹建築的 10 年磨一劍

文／馬萱人

圖／原間攝影工作室、大藏規劃設計有限公司、馬萱人

乘著高鐵至臺南站，只消轉搭一站臺鐵區間車、在長榮大學站下車，時空隨即緩了下來。進入校園，在方正、高聳的磚紅建物群與鐘樓之間，於 2022 年 11 月剛落成了一棟金屬屋面的低矮圓形建築。進門抬頭一瞧，屋梁竟皆由竹子構成，包括屋頂正中央的十字架、風鈴，也全是竹。快與慢，方與圓，高與低，鋼筋混凝土、金屬與竹材，這些對比在這所校園共存。

這裡是長榮堂，一棟 452 平方公尺（約 137 坪）的中小建物，竟能乘載多重機能，它是集會所，也能讓師生歇息、靜思，在長榮大學正式的教堂尚未興建前，還可以是基督禮拜空間。負責設計的大藏規劃設計有限公司甚至加上了以竹子當建材的挑戰。長榮堂面積不算大，建築的意志卻不小。

## 悠悠 23 載歲月 竹建築從啟蒙到建成

「鋼筋混凝土（RC）」和鋼構等，設計與製程早就非常成熟。包括木頭想切

成圓的、方的，基本上都很好製材、加工，接頭鐵件早已現代化。但竹子不同，還得從老祖先的手工構築銜接到現代。」大藏的主持建築師之一李綠枝說。「不過，竹子就是難搞。」另一位主持建築師甘銘源接話。

這一對中生代建築師夫婦檔，2000 年在宜蘭創辦大藏、繼而於 2008 年移駐雲林，和事務所夥伴已於臺灣南北留下無數經典作品，例如花蓮秀林深山的西寶國小。他們仍然設計 RC 等類型的建築，也在持續實驗鋼木輕構造；雖然可以繼續朝這方向進行，但 2000 年在德國漢諾威舉行的世界博覽會，埋下了他們探索竹材的種子。

他們與事務所同仁參訪了那次博覽會，在展場中震撼於當時世界最大的竹構建築——ZERI Pavilion<sup>(註1)</sup>，這棟兩層樓建築高 8 至 14 公尺，一樓面積廣達 1,650 平方公尺，等於有 4 個籃球場大。

李綠枝與甘銘源有了疑問，「為什麼全球最大竹建築在歐洲？他們甚至還得從南美洲進口大量竹子。」想起臺灣遍地有竹，卻未曾實質進入當代建築體系、成為建材的選擇之一，他們感到真的很可惜。



長榮堂由傳統竹材與當代建築融匯而成，是長榮大學入口的第一棟建築。

## 竹 在地永續建材

考慮到聯合國氣候變化大會已達成協議，2030年將停止砍伐原始林，竹子將可以是在地永續建材的選擇之一。竹林可說是廣義的森林，成長3—5年即成材，強度也夠；當竹構年限到時，竹材亦可塵歸塵，真正具有如假包換的再生力。

大藏在2013年一舉建成雲林農業博覽會多樣態的竹建築群，直到今天那些竹構依然好好的，其中的棚架、廁所等且已轉為常設空間繼續使用。大藏十多年來不斷試錯竹材處理與接頭設計等，為竹構打造結合鐵件或鋼纜的接頭也一直進化中，持續為竹建築現代化的進程鋪路<sup>(註2)</sup>。

直至2022年，長榮堂透過結構性能的優化，更朝竹製桁架一樣能模組化的理想邁一大步了。

## 刻意選擇竹桁架結構 為未來模組化鋪路

桁架與薄殼，是現代大型空間中較常用的兩大類結構形式。甘銘源舉例，巨蛋這一種常作為運動集會空間的建築即是薄殼系統，能讓場中沒有柱子，曲面造型能有更多變化，竹子即於曲面表現。竹薄殼也是另一個未來可發展的方向，但造價更高。

我們的生活空間中常見的建築結構，像是糖廠、體育館等多採用較規則化的桁架系統，通常是斜屋頂、矩形的空間。類似鋼構、木構常用的桁架系統，對大多數建築師與營造商來說並不陌生。這正是大藏為長榮堂選擇這一種結構的主因，桁架換成以竹材製作，在營建體系易於被理解，而且它更輕巧，從廠中預製到現場組裝施工效能高，預算相對合宜，後續若要推廣大型的竹建築就容易被接受了。



長榮堂屋頂的跨距是 18 公尺，加上 3 公尺的出簷之後，屋頂直徑可達 24 公尺。由於室內無柱加上使用落地窗，視覺相當通透。

長榮堂的空間與桁架之所以為圓形，更具有歷史脈絡與地域意義，原來長榮大學校地從前屬於臺灣糖業公司，一、兩百年來此區最重要的經濟活動曾是製糖；如今此堂圓錐的造型與桁架，呼應過往糖廊意象與材質，但是以當代建築手法為之。環繞屋頂中心點的是，24 組半月形竹桁架，每一組桁架的上弦竹桿為直線，採用較粗壯、斷面强度高一些的孟宗竹；下弦竹桿則為曲線，採用纖細、較易烤彎的桂竹。

### 以孟宗竹或桂竹建造 建築各有優勢

大藏說明，若是同樣管徑的竹管，桂竹強度優於孟宗竹，但前者高溫乾燥之後

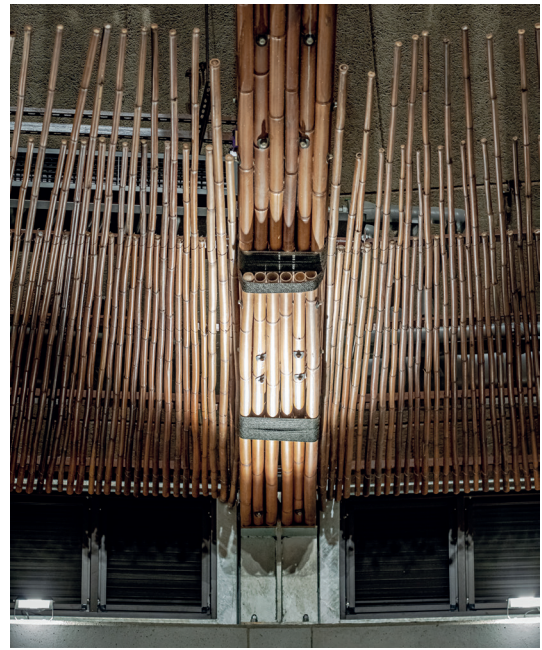
也較難彎曲。不過通常孟宗竹可以取到較大管徑（斷面）的竹桿，而且長榮堂桁架下弦選用的桂竹，也比上弦的孟宗竹細、反而比較好烤彎。權衡之下，決定讓桂竹負責起弧狀造型，同時具有受拉力的結構作用。

選竹之後，還不是單純將幾支孟宗竹與幾支桂竹組合起來即可。上弦由兩層孟宗竹構成，彎曲的下弦由三層桂竹構成，竹桁架靠近柱子處必須向外出簷，還得在下弦加二層桂竹。整組桁架再接著與上方的鋼構太子樓、屋頂板材，以及下方的 RC 梁柱框架等構件鎖固在一起。就這樣，變成層層上揚、韻律變化的圓錐形空間。

以上所描述的是成果，但若稍微理解竹子的個性獨具，即知甘銘源所說的竹子「難搞」，不是形容詞。

根據《從竹子到竹房子》（臺灣竹會 2020 年出版）<sup>(註 3)</sup> 的研究，臺灣竹子雖然空心，但相對質輕、彈性非常優，抗拉力等比木材好不少。禾本科的竹子維管束中水分不低，隔熱性也足。加上製作竹材僅在高溫乾燥時會有較多的碳排放，其他工序碳排放皆相當低，很有條件成為兼顧強度與環境的永續建材。

然而這些優點的另一面有著需克服的弱處。譬如，砍竹子、運下山很簡單，但是如何控制竹子的澱粉質與含水率，預防發霉、蟲蛀與劈裂？



長榮堂由複數竹管組成的竹桁架是實質結構，竹梁之間參差不齊的竹片則不具結構作用，但用來遮住空調、管線等剛剛好。

## 竹構與木構之比較—兼顧環境與強度，各擅勝場



彎下弦不只為了漂亮，原型結構工程顧問陳冠帆解釋，彎曲帶有懸垂且受拉的意涵，也表達了力量。有如拋物線的下弦，即是受拉力的自然線條。

	竹構	木構
結構	軸向抗拉與抗壓力 > 木材， 抗壓、抗剪 < 木材	不均質材料，強度不均
抗震	兩者相近	
耐水	兩者在潮濕不通風的環境下， 皆容易發霉、生白蟻。	
重量	較輕	較重
年限	無規範	100 年
環保	低碳排放、友善土地、無毒、 快速成長、在地易取得。	低碳排放、可自然降解、 可回收再利用。
防火	大多非防火構造，可用化學材料、 遵循法規等，使其具防火性能。	燃燒後表面會形成碳化層， 保護裡層，維持原有結構強度。
造價	半戶外棚架（無外牆）	
	6 - 9 萬元/坪	8 - 11 萬元/坪
造價	中小型建築（含基本裝修）	
	16 - 22 萬元/坪	20 - 28 萬元/坪

資料來源：《從竹子到竹房子》，臺灣竹會 2020 年出版。書中還有更多竹構、木構與鋼構、鋼筋混凝土的比較，本表並將造價更新至 2022 年底。

表格製作：馬萱人

一路走來，大藏和林業試驗所、業者已嘗試出無毒的高溫乾燥方法，讓生竹變成耐久材。此外，又如何彎曲容易回彈的竹管，因為建築造型設計可能會需要烤彎、烤直等工序，大藏也正努力嘗試從傳統手工的方法提升效率。

## 規劃與施作

臺灣百年來一直有竹家具、竹編等竹藝相關行業，南投竹山更是成熟的竹材加工產業聚落。雖然傳統手藝沒落，但仍保存完善技術與設備，也還找得到資深師傅，只是他們極少與當代建築界牽上線。

暱稱老蕭的資深師傅蕭瑞歷從事竹藝數十年，2015年偶然來到臺北市客家文化主題公園，以計日的方式協助大藏建造園中「竹夢市集」的竹桁架。甘銘源驚喜發現這位師傅擁有竹作的一身絕活，決定邀他加入大藏竹構團隊成為主要成員，讓工匠技藝與當代建築接軌。



■ 從事竹藝的蕭瑞歷，用數十年的老經驗協助大藏，成功以火烤方式彎曲一千多支竹管。

這一次興建長榮堂，早在去年2、3月現場組裝竹桁架之前，老蕭師傅已待在大藏向雲林斗六糖廠租用的空間「常民居」中，一人日復一日彎曲桁架所有的竹管。

「他用火烤的方式，總共彎了一千多支竹管，一天大約可以做出15支。」甘銘源說。「15支算多的，熟練的師傅才達得到。很多人一天做不到10支，有些竹子還會彎失敗。」李綠枝補充。



■ 竹構在我國雖尚未有建築法規、技術規範可參考，但經過建築人的大膽挑戰與耐心實驗，確認一組竹桁架可承重5公噸，使後續能順利施工。

去年2月寒冬，筆者有機會參訪了常民居，眼見老蕭師傅一人就能將一根7、8公尺長的竹管一端綁緊、卡在鋼構模具上，再不停地移動瓦斯噴槍，順著竹管耐心烤熱以彎曲它、綁牢它，厲害的是，他可以利用等待竹管冷切、定型的時間差，來回在兩組模具之間作業，等於能同步烤彎兩根竹管了。

擁有如此經驗老道的師傅施做桁架，並有原型結構工程顧問從頭參與長榮堂設計、精算整座建築的結構安全，但是竹構在我國尚未有任何建築法規、技術規範可以參考，這項自然材料的施作仍有不少不確定性，也是建築專業者走不進來的障礙。

在長榮大學的支持下，大藏與結構技師決定自我驗證，在工程發包之前先1：1製作一組竹桁架，以逐漸增加沙包砵碼的方式來測試結構，終於確認一組竹桁架能成功承重5公噸。繼續施作其它23組桁架，從業主到建築師都安心多了。

## 預製竹桁架 8 個月 現場組裝卻僅需兩周

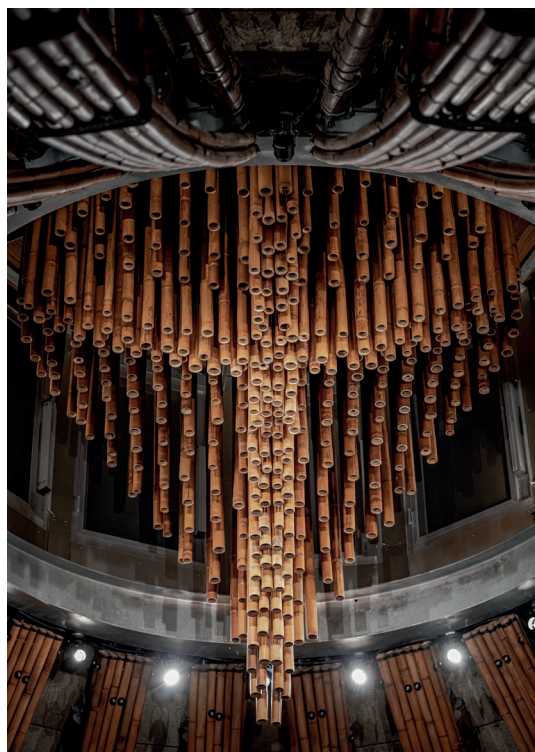
老蕭師傅等人在常民居竹工坊內花了8個月製作完畢桁架，桁架從斗六運至臺南歸仁長榮校區之後，現場乾式施工組裝桁架的時間，卻只需兩星期。由此可見，竹建築要邁向現代營建體系，還有許多待努力空間。

以上，還只是打造竹桁架的歷程。若是竹的薄殼系統，因為它無法預製、只能現場施工，那又是另一個故事了<sup>(註4)</sup>。

小型竹作工藝細膩的一面，這回在長榮堂則展現於十字架上。以風鈴形式打造的竹十字架不具結構功能，但也不只有造型與宗教象徵。它位於通風的太子樓之下，與陽光、與空氣是連動的。晨、昏之光隨著時間游移在十字架上，風拂竹鈴，則會傳來相互觸動的清脆聲音。

有趣的是，十字架有聲，另一方面舉行演講、表演等活動時空間倒是沒什麼回音，人聲、樂音等聽得頗為清楚。原來天花板是木絲水泥板，正可以吸收中高音頻的回音。

話說圓形空間具有儀式感，但也沒有指向性了。此時十字架與地面的銅條分割方向，則一起為長榮堂創造了軸線。室內的人有機會藉此望向舞臺、及其後方的戶外大樹與小丘。此堂24等分的牆都是清玻



■ 兼具風鈴功能的竹十字架



■ 大藏的理念之一，是希望竹構築別在現代建築中缺席，讓竹構築成為城市裡的優雅風景。

璃，內與外、人為與自然、天與地，在此其實沒有一刀兩段的界線。

關於主結構是竹的長榮堂，長榮大學校長李泳龍說，真的是「感動中的感動，因為實在是不可能中的不可能，終於把它完成了。」

一路在當代竹構之路迂迴前行的李綠枝與甘銘源，也很謝謝長榮大學對他們的信任。比如試驗竹桁架的結構這件事，本來不在建築師事務所的工作範圍內。但是當他們向學校提議、想先施作一組桁架測試強度時，學校是直接實際支持的。

## 展望竹建材與工藝 與臺灣當代建築結合

長榮堂讓大藏再累積了一次當代大型竹構經驗，他們研發十多年的竹建材加工心得、設計心法，尤其是針對孟宗竹打造的系統化、可量產接頭，他們也從不藏私，純粹是希望「竹構築不要在我們的現

代建築中缺席。」大藏誠心邀請建築人前來同行。

李綠枝與甘銘源說，「臺灣的竹構世界的確海闊天空，因為沒什麼人在那裡。也可以說是蒼茫一片，都是找不到路的荒野。」

無論如何，正因為在陌生已久的竹林中尋尋覓覓，李綠枝回顧，這讓他們從單純的建築師，轉而更直接面對這種材料從源頭到施作的每一個步驟。大藏不斷地練習設計者該如何與相關的人、事連接起來，等於也藉著竹構重新探索了營造的產業鏈。

「這些竹作實驗有些已經夭折，有的還在苟延殘喘。但是我們不知不覺間好像織出了一個面。」李綠枝再以長榮堂為例，可以從中見到自然材的手工化、接著是自然材的產業化這些光譜。「而我覺得這光譜打得越開越好，越有手作的基礎越好。建築的文化性、工藝性高，將來想往工業化走，作品也會更有特色。這兩點並不違背的。」🌱



■ 以竹作為主結構的建築，曾普遍被認為是不可能的任務，如今長榮堂做出了最佳示範。

### ● 優化竹建築 產官學急需合作 ●

「其實只要有營建規範，建築師不用再測驗結構的，例如 RC、鋼構等結構計算都很成熟，只要遵守就可以了。」李綠枝解釋，但臺灣關於竹建材的研究與法規都還很缺乏，他們只能自己來了，而且是針對基本的載重問題。其他如竹構的拉力、側向力與接頭強度等，都還有待政府與學術單位全面的科研計畫。

而且長榮堂竹桁架雖然已做到預製，畢竟還是靠一位師傅慢慢手作，實在快不起來。施作大型竹構如何能更省工、有效率、降低加工成本，大藏團隊很期待產、官、學能攜手進化。

將竹產品往二級產業推進，例如以類似「集成材」（CLT）的模式來製造竹材是另一個方向，但可能要更大的工業和市場量能來支持。

農業委員會前副主委黃金城去年 11 月參訪了長榮堂，聽取了大藏簡報，相當驚喜臺灣的當代竹建築成績已如此多。他的感想是，公共建設中應當優先考慮這一類永續建築，好引起帶頭作用。長榮堂的精彩表現與可接受的造價，讓他對竹構的未來有信心，他提及臺南後壁的「蘭花生物科技園區」已由農委會主管，也許能試試看在此區打造一些竹建築。

另一個好消息是，行政院於 2021 年啟動的「新興竹產業發展綱要計畫」，其中營建署建築研究所關於竹建築薄殼系統的研究，已有初步成果。今年起，林務局也會將竹桁架與竹薄殼的結構性能研究，納入竹產業科研計畫。臺灣竹建築的探索，有更寬廣的路徑可以前進了。

註 1 ZERI Pavilion 的 20 根柱子為木構，屋架等建材則為竹子。

註 2 可參考本刊 2022 年 12 月號「竹構築十年—從竹構工藝精神到工業化的探討」一文。

註 3 「臺灣竹會」會員有不少建築人，但關注層面不止於竹構築，竹編工藝、竹材生質能等議題也都有深入探討。該會並將與林務局合作，於 2024 年在臺主辦「世界竹會」（World Bamboo Congress，簡稱 WBC）及竹博覽會。

註 4 大藏正在桃園八德的大湫森林公園，設計、施作一座小型的薄殼竹構，已於 2023 年 3 月完工。