

竹構建築應用面對之課題

◎林雅茵建築師事務所·林雅茵 (lin.yayin0@gmail.com)

竹建築情懷

竹建築是從地裏種出來的構造物。早期臺灣先民每當遷移到外鄉屯墾時，往往要帶上幾支家鄉的竹。例如南投一帶先民到其他地方移墾時，習慣在屋前屋後插上幾支孟宗竹和桂竹。種在土裏長成竹林後，竹稈可為建材，既可造屋，也是製作傢俱與日常器物的材料來源；竹筍可食，脆嫩爽口的筍子自古即是重要食材。世居臺南後壁，畢生建造穿闔式竹木構造傳統民居的廖枝德師傅嘗言：將使用竹子建造房舍的技術學起來是一件很好的事，因為竹材料不會斷(意指竹子是

在地產物，隨處可取，只要有技術就可以靈活運用)。臺南大內頭社的平埔老師傅吳長村先生也告訴我說，以前他們只要有竹有茅草就能夠過日子了。想想確實如此，人類生存所需原本很簡單，有得吃、有得住，在經濟匱乏的年代，竹子是非常有用的植物。

竹材應用限制

竹材是臺灣自古以來最豐富的自然資源之一。傳統竹構住屋在材料類型上有竹籠仔厝(柱仔腳厝、竹管仔厝)、杉加竹、半堵磚；在構造類型上，穿闔式架扇依規格可分七、九、十一、十三、十五架全仔；屋披類型則有單披



竹屋架施工中全貌(林雅茵 提供)



竹屋架完工後全貌(林雅茵 提供)

水、二披水，二披水又分一直、突歸兩類。

傳統竹建築最大的優點是輕巧、防震、冬暖夏涼。經多方試驗，已知很多竹種的竹材其縱向抗拉強度足可媲美鋼筋。又因為輕巧，以往在洪氾區為順應環境還有「扛厝走溪流」的作法。

其缺點則是不抗風，颱風來時需要打樁固定，且敗壞的竹構造物足以造成對生命財產的威脅。因此，竹材能否供作建材使用的最大關鍵點乃在於耐候性及耐久性。在傳統的利用上，採伐時機為決定竹材使用壽命之最大關鍵。其他選材原則如材齡適宜、頭尾徑差異小、竹身通直、斷面形狀圓而對稱等。臺灣常用的竹種通常3年成材，故大體來說以3到5年的竹材最適用。

業界對於竹材採伐季節的看法眾說紛紜，不過大抵發筍期間不適合採竹，發筍前與出筍後則是採伐竹材的適當時機。不過業者因為全年均有需求，除了冬季會多砍一些起來備



竹籠仔厝施作(林雅茵 提供)

用，而春季因含醣份太高會盡可能避開以外，幾乎全年不分時節都會採竹，採下的竹稈常以高溫蒸汽殺菌後儲放起來慢慢使用。

關於竹材之澱粉含量與蛀孔數之季節性變化關係，由張豐吉教授指導國立中興大學黃信富先生撰寫之碩士論文「採伐季節對省產竹材加工利用性質之影響」，曾分別針對國內用於建材最多的蔴竹與孟宗竹，在不同採伐季節之澱粉含量以及不同採伐月份孟宗竹蟲害試

驗蛀孔數變化進行量化研究。該試驗顯示，其一，孟宗竹與蔴竹均有兩個生長波段。由此推論取材宜於一年之中的兩個生長波段之外為之，時間則依竹種而異，而一日之中又以日出前為佳。其二，澱粉含量高低與蛀孔數多寡兩者分別對應的季節性變化之間有一致關係。

竹材砍下後倘為氣乾，因內部水份出不來，會從兩頭開始乾進來，同時發霉變黑。為使耐候與美觀，防止腐朽或蟲蛀，新砍伐的竹材必須經過除污、除脂、加工、防腐與防蛀處理。處理的方法可大分為物理方法與化學方法，選用時在防腐防蛀的概念與作法上有兩點宜納入參考，其一，生物都有保護自己的本能，其二，不宜採用化學防腐。

工程上採購竹材最好能指定砍伐的季節。不過因為工地現場對於澱粉含量僅能作定性測量，無法作定量測量，所以竹材進場時僅能就外觀目測是否符合驗收標準。

現代竹構造設計重點與特色

從建築實務專業觀點，在應用竹材設計現代竹構建築於構造上有幾個重點與特色需加以考量。

- 一、從大自然汲取設計原則：利用竹子的管狀結構、竹節圍束特性與竹林聚集抗風特性思考建築物的結構系統。
- 二、竹材桿件設計的複雜性：竹構架的桿件關係複雜，欲達到某一目標可採用的設計方式很多，絕非僅有一種。設計的過程是一個不斷對各種可能性進行整體關係評估後所作的選擇，而且在背後宜預留補強空間，以備結構計算後增減調整而不致影響整體設計。進一步說，竹構

架與構件設計的複雜性在於要考慮的不僅是支數問題，桿件之間的相對配置及其對使用空間的影響往往牽連甚大。

- 三、桿件設計的合理性與長度續接問題：單支竹子可用的長度有限，須藉由有效的桿件關係設計來續接以提供設計需求的長度。此外，構架與構件的美感、與整體穩定性的關係、因應各部位受力情形有效配置材料、接頭設計的簡化與可行性均為桿件設計是否合理的關鍵。
- 四、竹構造與鋼筋混凝土構造在設計上的差異性：竹構架的桿件設計安排與支數息息相關，不像鋼筋混凝土遇到強度不足只要增加鋼筋量與放大斷面尺寸即可。而支數的增減通常即代表著桿件關係的重新設計。
- 五、竹構造與鋼構或輕鋼構構架或桁架系統的差異性：桁架設計的原理主要在於將桿件分為拉力桿與壓力桿。惟竹子欲作為拉力桿須藉由金屬接頭方可達成，這之中便又產生竹身與金屬接頭的接合問題。與鋼桁架不同，竹子加裝金屬接頭牽涉不同材料之間的結合，極大地增加了技術與建造成本。此外，竹子使用金屬接頭處理時以鉸接為主，加以竹身韌性有餘，剛性不足，同時長度續接的方法也是金屬構架不會遇到但很重要的問題，因此在整體穩定性及構造的可行性上除了分析出每個接點的結構行為以外，桿件關係與接頭作法如何能夠達到結構分析後的力學需求非常重要。如欲避免以不斷增加接頭形式來解決這個問題，有很大部分應可藉由加強對桿件關



編竹夾泥牆(林雅茵 提供)

係的設計來處理，同時結構分析時除了以單純的桁架系統概念及金屬接頭本身的強度試驗數據來處理外，應再納入桿件之間的相對關係作分析。

六、構架的整體性與穩定度：竹子的韌性有餘，剛性不足，因此構架的整體變位潛力相對大很多。為避免變形量超出建築物使用可接受的範圍，構架的設計須盡可能透過桿件之間的拉繫來增加整體的剛性。構架盡可能採雙桿件或以上組合來設計，以提高安全係數。

七、建築與結構的一致性：欲成功作出一棟竹構造物，建築師與結構技師往往需要共同釐清設計課題，考慮不同材料在構架系統上的特性以及結構分析時的重點與方法差異，相互合作，從各方面同時配合調整設計，而非從某單一角度得到一個特定答案。如此方能避免發生整棟建築物的結構分析都沒有問題，結果卻不能用的狀況發生。

八、竹構造的複雜度遠超過混凝土或金屬構造。除非使用竹集成材，否則竹桿因為

是自然材料，有自然的起伏與曲線，且在自然環境中會受溫濕度變化之作用影響。因此施工變數高，須於施工過程中不斷適應調整，以尋求每支竹子的最佳應用。因此竹構造倘欲放在主流建築環境中來實現，從業主、設計單位到營造廠都需要有清楚的認知與準備。

九、氣密性與防蚊蠅的問題：現代竹構造案例多數都採開放式的空間設計，不設門窗。其原因除東南亞地區傳統建築形式重視通風，不講求氣密或水密外，竹桿有其天然形態，與平整規格化的工業化建材不同，因而與規格化的門窗框料有接合界面的問題，較難密合。

十、竹構造建築物在其生命週期中很難完全避免腐朽與蛀蟲問題：欲延長竹構建築使用壽命的關鍵在於經常性的使用與維護保養。



以藤皮綁縛竹屋架(林雅茵 提供)

十一、廢棄構件回收考量：所有構造物與生物一樣都有壽命的限制。如何在生命的盡頭不成為地球的垃圾，竹構建築物各部位回收處理的難易與回收比例完全取決於先前的竹材處理與接頭設計，不可不慎。

以上所述不觸及竹集成材。我認為竹材作成集成材基本上已可視為木作處理，因此不須另行論述。

竹建築的未來課題

現代人對竹子的既定印象尚有待改變，因此需要推動基礎研究以輔助相關應用之提昇，也需要在竹工法技術的適用性、經濟性、普及性，接頭設計、結構分析、結構安全、結構耐久性，以及消防安全設計各方面精益求精。為進一步探究竹材在建築構造上之應用與推廣，建築界未來應面對的課題包括：

- 一、在設計上，運用現代材料科技與設計概念設計出滿足現代人空間使用、審美標準與舒適性的需求，同時具有特殊風格的建築物，使竹子由「窮人的木材」搖身變為高價的工藝品，提高竹材的附加價值。
- 二、在材料上，積極尋求環保、無毒、有效且費用低廉的材料處理技術以改善竹材的耐候性、抗腐抗蛀能力，以及易劈裂的特性。此外需有品質穩定的建材供應。
- 三、在建築法規方面亦須配合進行竹建築的適法性研討，建立相關基礎數據，並逐步推動竹相關建築法規的訂定。
- 四、在施工技術上，傳統竹構技術的保存傳承與現代工法技術的研發兩者不可偏廢。竹

建築的相關技術發展方向須能保持竹材原本低價及易於就地取得的優勢。

- 五、就最終處置而言，材料處理與施作工法的優劣決定了一棟竹建築是否真是一個環保建築，抑或終將成為另一種新型態的營建廢棄物。這是一個竹建築從事者必須本於專業與環境良知審慎以對的課題。

結語

個人對於竹子的興趣最初源於使用竹子作為建材的需要，其後逐漸發覺實務上很多層面如欲可行，必須能進一步瞭解竹子這種植物在生理、物理和力學性質上的多樣特性。不過因為到目前為止，對竹子所知仍非常有限，故而本文所述必多有錯謬之處，尚祈讀者諸君不吝指正，為臺灣的竹構造發展以及地球的環境共同找出未來的因應之道。♻️



螺栓接合剪力試驗(林雅茵 提供)