

# 北美木構建築介紹

考工記工程顧問有限公司 洪育成建築師

台灣自光復後至今，木構造建築幾乎僅殘存在閩南傳統建築及日式建築之中，而磚及鋼筋混凝土構造成為蓋房子不可取代的工法。四、五十年來，不論是建築業界或學校，除了修復古蹟之外，木構造幾乎無人去探討。業界對木材的種類、特性及工法不只陌生，甚至存有似是而非的認知。許多人認為台灣的氣候不適合木構造，東方木構造榫接比西方的金屬接頭高明，木構造防火性能差、木構造使用年限低…等。

小時候我們看到鄰地的工地施工，印象深刻的是一堆堆的紅磚與沙子，樓下的工人把磚往上一拋，上面工人熟練的順手一接，泥漿一抹磚頭一疊，牆又增高了。水泥與鋼筋也是工地常見的，至於木頭呢？只知道那是灌漿時用的，用完後就拆下來，丟的一地破破髒髒的模板就是了。從小到大，我們的學習過程中，只有中學上工藝課時，有機會接觸到木頭與簡單的工具。木頭可以來蓋房子嗎？好像只有小時後堆積木的印象。蓋真正的房子嗎？好像看過那撿破爛人家將工地用過的模板組成牆，再用鐵皮浪板包一包的破房子。用木頭蓋房子，好像是過去式，落伍了！現在要蓋洋房，當然要用鋼筋混凝土才堅固、才耐久、也才有夠氣派。

這些觀念一直到我進建築系、到畢業、到當兵退伍都未改變。學校裏當然也曾提到木構造，但只限於中國建築史或台灣的一些古厝、廟宇。大家對聰明的祖先不用一根釘子就能組成的斗拱，讚嘆不已！對近代西方木構造用金屬鐵件接頭，感到不屑。

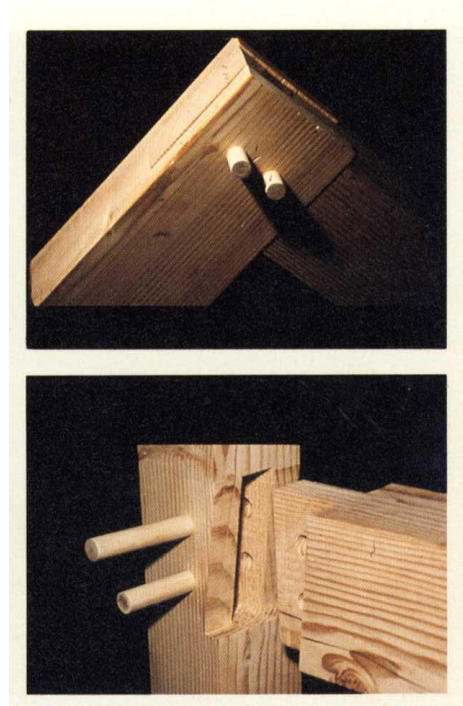
## 工業革命後的西方木構造建築

及至美國念研究所，在必修的構造課堂裏老師提到木構造時，指出用金屬鐵件當接頭比榫接的方式結構性更佳。聽到這個論點，忽然覺得很不服氣。中國五千年的文化發展出來的全木斗拱系統又美又耐震，那可能與動不動就用鐵件的粗淺文化所發展的西方木構造相提並論。直到很多年後，才知道，西方的木構造，原來一開始也是榫接的，不用一根釘子。工業革命後，鍊鐵技術的發展，才漸漸使用金屬接頭取代榫接。到後來鋼鐵的普及，除了修復古蹟外，金屬接頭已全然取代榫接。這除了施工方便的因素外，因為木頭的榫頭裁切部份是應力集中處，也是最易被破壞之處。為了榫接，木材尺寸需加大，而造成了材料的浪費。因此西方國家，在木構建築的接頭部位，以金屬接合反而是較有效率且經濟的構造方式。



金屬接頭：西方近代作品，Bill Gates 的家

資料來源：ROCKPORT  
JAMES CUTLER



西方傳統木頭榫接

資料來源：Canadian Wood Council  
Wood Reference Handbook

在美國工作多年，才慢慢領悟到，原來在那看似簡易的 2x4 框組壁木構工法其實背後隱藏了深奧的知識，這知識是對隱藏在自然界中的物理與化學法則認知後，所產生的對應工法。包括下雨時，如何將雨水排用，如何斷開毛細現象，如何防止水蒸氣 (Vapor) 進入構造，如何利用重力在等壓層中將滲入的水排出。在思考這些細部時，你會想到牛頓、虎克、道爾頓 (Dalton) 等推動工業革命的大師。也會理解為何 Mies 會說 "God is in the Detail"。相對的在台灣，我們最常見的構造方式就是用混凝土將房子糊起來，怕漏水，再用 Silicone 或 PU 糊起來，這一再圍堵的防水方式，讓我想起魚衰 (大禹的父親) 的治水方式——終歸失敗。

## 木構造的防水和防潮

多年來，很多業者將北美的木構造引進台灣時，或許是因為不了解正確的工法程序，或是省略了一些關鍵的細節，以致於不到幾年後，房子便開始腐朽，也因此造成許多人誤認為北美的木構造不適合台灣的氣候。然而，就氣候而言，以美國佛羅里達州的 MIAMI 為例，年降雨量、溫度、溼度與台中幾乎一樣，每年也都有颱風來襲，但木構建築卻仍是當地住宅的主流。

其實這關鍵在於如何結合現代的科技，來解決防水、防潮的問題，例如利用等壓層（Rain-screen pressure equalized space）的設置及防潮層（Vapor Barrier）的設置，來防止雨水被強風灌入壁體內；防止濕熱的空氣進入壁體內產生結露水而導致壁體受潮。在寒帶與熱帶，防潮層設置的位置剛好相反。若把華盛頓州的組合方式一成不變拿來台灣，必定失敗。曾經有美國本土建築師在夏威夷設計旅館，結果一直有漏水問題卻找不出原因，後來才發現原來防潮層放錯位置了！使得外部的濕熱空氣遇冷結露，導致構造受潮，這是結露水的問題而不是漏水的問題。這建築師忘了夏威夷是潮濕溫暖的氣候地區，與美國本土會下雪的區域不同的！

結露水的現象對一般在台灣受教育的人來說，好像只存在中學的物理課本及大專聯考。對一位建築師而言，結露水如何產生，如何排出似乎事不關己，這是因為台灣的建築過去未曾考慮隔熱層的設置。然而隨著房屋性能要求加高，隔熱性及氣密性改善之後，在台灣炎熱潮濕的大氣之下，只要冷氣一開，室外的水蒸氣便開始往室內移動，一旦到達結露點，水就產生了！

過去在 RC 建築中，大家對這種反潮的現象是忍受而不知所措。反正 RC 不會因潮濕而倒塌。至於室內裝修因潮濕受損，再換就是；因潮濕長霉引起氣喘只能怪自己體質不佳。然而木構造建築對這種受潮現象卻一點也不容忍受，水一旦進入壁體，陷在其中，霉菌、白蟻便隨之而來。北美的木構造為了解決房子受潮的問題，其實也同時提供了使用者健康舒適的環境。這是在台灣建築業界的人很少能體會的。也因此房屋市場上，我們只看到大多業者，除了高喊一些空泛的綠建築“口號”及使用頂級的馬桶廚具之外，好像也端不出可與北美住宅相同品質的產品。這種情況好像又回到滿清時期，我們只看到西方船堅炮利的表象，卻無法真正了解隱藏在其中的精髓。

## 框組壁木構造建築

早期北美的木構造是由歐洲的移民引入的，構造方式延用歐洲傳統的柱樑系統（大木構造），美國至今仍有許多 Amish 人用此種方式蓋房子。但大部分北美的木構房子在 19 世紀後，因鐵釘的量產，以及發明了利用水力取代人工鋸木，得以將大木材有效率的鋸成小尺寸板材，因而發展了北美獨特的框組壁木構造。

所謂框組壁木構，就是將木材鋸成 2 x 4(英寸)的板材，再將這些 2 x 4(英寸)的板材成為立柱(柱與柱之間距為 40 公分)，再於立柱室外側釘上合板，室內側釘上石膏板，成為牆面。樓板與屋頂則是採用 2 x 8 或 2 x 10(英寸)的小樑(樑與樑的間距為 40 公分)。樓板與屋頂的小樑上方釘上合板，小樑下方(天花)釘上石膏板，如此成為一個類似箱形的結構體，是一種非常堅固、經濟且施工迅速的木構工法，稱為框組壁工法。

框組壁工法結合了現代的科技，可達到非常好的防火、保溫、隔熱、防潮、防水的功能。可適應各種不同的氣候，因此不論是寒冷的阿拉斯加，炎熱乾燥的

亞利桑那沙漠，或是濕熱的佛羅里達及夏威夷海邊，都可運用此種木構造來興建住宅、旅館、學校、公寓等建築。因為框組壁工法的經濟實用，北美的住宅多採用此種木構工法。

北美在發展 2 x 4 框組壁木構的同時，並未放棄原有的柱樑系統(大木構造)。許多大型的公共建築如教堂、醫院、體育館、巨蛋、捷運站、餐廳都採用柱樑系統(大木構造)。結合了現代科技及集成材(Glulam)的發展，使得這類大型的木構造，不只展現木材獨特的紋理，也可符合現代法規對防火及公共安全的要求。

因為北美及西方先進國家，使用的木材多是來自永續經營的森林，而且木構造具有良好的保溫及隔熱效果，使得居住空間冬暖夏涼。因此在北美，絕大多數的中低層住宅，都採用木構造。即使世界首富比爾蓋茲，他的住宅也是木構建築。這是住慣混凝土建築的台灣人難以想像的。

因為木建築的健康與環保，將木材運用在現代建築，已成為西方先進國家追求綠建築的趨勢。當永續與環保議題已成為全球的主流之時，我們應要有更寬廣的視野，以永續的觀點來檢討台灣當今的混凝土叢林，並思考未來的綠建築構造方式。



木結構迷人之處

台大鳳凰茶園木構造施工中照片

資料來源：洪育成