

台灣推行木構造之潛力與目前之瓶頸點

0. 前言

同樣是蓋一棟房子，相較於混凝土和鋼骨，木材是最環保的一種建材。樹木從成長到製作成材的這段過程中，因為進行光合作用而吸收大量的二氧化碳，且遠多過它所排放的二氧化碳（木材中儲存了大量的碳素）。而混凝土及鋼骨在製造的過程中，不但會產生大量的二氧化碳，而且其所消耗的資源及所產生的污染、廢棄物，都較木材為高。也因此，在「京都協議」生效後，台灣若要嚴加執行降低二氧化碳的排放量，那麼石化、鋼鐵、水泥等工業都需要加以限制，而種樹、造林等可以減少二氧化碳的產業，則需要加以鼓勵。

1. 對材質、結構型態之了解

台灣自光復後至今，木構造建築幾乎只殘存在閩南傳統建築（historic building）及日式建築之中。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（專業與非專業）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。

小時後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，丟得一地破破髒髒的模板就是了。從小到大，我們的養成過程中，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。

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

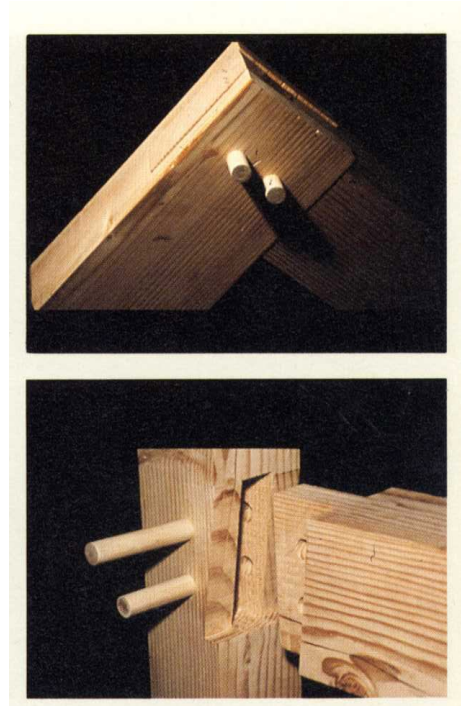
的文化發展出來的全木斗拱系統又美又耐震，那可能與動不動就用鐵件的粗淺文化所發展的西方木構造相提並論。直到後來，很多年後，才知道，西方的木構造，原來一開始也是榫接的，不用一根釘子。工業革命後，鍊鐵技術的發展，才漸漸使用金屬接頭取代榫接。到後來鋼鐵的普及，除了修復古蹟外，金屬接頭已全然取代榫接。這除了施工方便的因素外，具材料應力知識的人都知道，木頭的榫頭裁切部份是應力集中處，也是最易被破壞之處。爲了榫接，木材尺寸需加大，也因此造成了材料的浪費。

這個費我許多年才得解答的“榫接 VS 金屬接頭”“東方 VS 西方”的迷思，相信也普遍存在台灣的设计界。



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

2. 對正確工法程序之了解

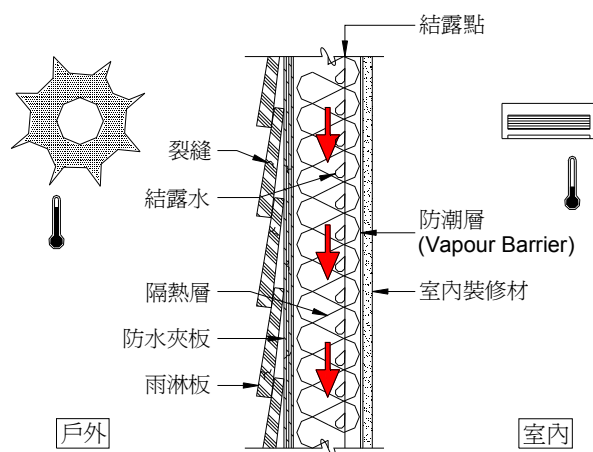
在美國工作多年，隨著知識的增加，也隨著將五千年文化的身段漸漸放低，才慢慢領悟到，原來在那看似簡易的 2x4 木構工法其實背後隱藏了深奧的知識，這知識是對隱藏在自然界中的物理與化學法則認知後，所產生的對應工法。包括下雨時，如何將雨水排用，如何斷開毛細現象，如何防止水蒸氣 (Vapor) 進入構造，如何利用重力在等壓層中將滲入的水排出。在思考這些細部時，你會想到牛頓、虎克、道爾頓 (Dalton) 等推動工業革命的大師。也會理解爲何 Mies 會說 “God is in the Detail”。相對的在台灣，我們最常見的構造方式就是用混凝土將房子糊

起來，怕漏水，再用 Silicone 或 PU 糊起來，這一再圍堵的防水方式，讓我想起魚鯨（大禹的父親）的治水方式——終歸失敗。

這也是多年來，很多業者將北美的木構造引進台灣時，或因不了解正確的工程程序，或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【註 1】，每年也都有颱風來襲，但木構建築卻仍是當地住宅的主流。

其實這關鍵在於等壓層（Rain-screen pressure equalized space）的設置及防潮層（Vapor Barrier）的位置。美國建築師考試的必考題之一就是“Vapor Barrier 需放在外牆的那一邊？”在紐約州與佛羅里達州，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！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，水便產生了！【註 2】



資料來源：國科會【註 2】

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。

3. 相關技術資源是否充足？如何取得？

在本土相關技術資源匱乏之時，唯一的方法就是放下身段往外取經，而不是閉門造車。日本在明治維新時就是學得“徹底”，才能把中國遠遠的甩在後頭。回顧80年代時，日本汽車在美國竟把號稱汽車王國的美國車打得落花流水。那時美國的公共電台曾有一系列“日本第一”的探討，反省“日本能，我們為何不能”。其中有一段描述日本 TOYOTA 車剛出現時，美國人一副不屑的態度，認為日本人那會造車。日本原來真的不造車，但他們把美國車買回，拆解至一個一個的零件來研究，然後再重組。在這種“徹底”學習後，再出發，竟然在品質上超越了美國車。美國車廠在痛定思痛之後也學會這招，放下老大哥的身段，把日本車買來，拆解一番，試圖尋找自己所缺失的部份。當然後來，美國車廠發現他們在勞工品質確實不如日本，但在經營管理上卻遠超越日本。

看著這兩個強國的競爭，再看看我們自己，真是感觸良多。在台灣我們看到太多自以為是的“本土研發”，在沒有任何實驗室數據或科學的根據之下便誇口“我們的”比“進口的”更適合本土風情。這種濫情的思維往往使我們一再喪失提昇的契機。如果我們真能先放下五千年悠久文化的情結，虛心卻勇敢的往外探索，沒有什麼缺失是無法彌補的。

在台灣工作，給我的感覺常是孤軍奮戰。不會的東西，身邊沒人會教你。還好 AIA（美國建築師公會）有提供 Continuing Education 的課程，還好 AIA 給會員的刊物 Architectural Record 每期都有討論 Building Science 的專題，還好我可上網到 APA（美國夾板協會），AWPA（美國木材防腐協會），HUD（美國住都局）的網站尋找木構造材料、防腐、防潮的相關訊息。在木構造建築的部份，我們大都可充分掌握。然而比較困擾的是技師的配合，水電技師往往無法了解管線如何在木材骨架之中“優雅的穿梭”。他們太習慣把一切管線埋起來，看不見就好了！如果他們有機會參觀美軍的戰艦船艙裡層層管線如何運行；如果他們有機會看到四十多年前，西雅圖工程師在東勢設計的大雪山林場，那數十支成排的電管如何在木構造構件中穿梭、轉彎，那真是藝術！那時的水電技師及水電工所做的，才叫做 State of Art。可是話說回來，如果依著現有公有建築設計費的比例，分到技師手中的設計費，除非他有奉獻的精神，否則一切真是苛求了！（我

忽然驚覺我好像常在迫害我的技師。)

結構技師的配合，也是頭痛的問題。木構造的結構分析不同於 RC 及鋼構，沒有經驗，從頭學起，真是不簡單。先是各種不同樹種 (Species)，不同等級 (Grading) 的應力都不同。木構造的接點沒有所謂的 rigid frame 的行為，抗側向力全靠剪力牆。剪力牆的分析，本來台灣一般結構技師都怕怕，更何況得考慮夾板厚度、強度、五金 (螺栓、釘子…) 等各種組合之下力量的傳遞。我曾為了一個科博館樹冠層的 Sky Walk 木構造結構，尋求台灣的結構技師配合。問了兩位曾在美國留學的技師，他們都好心的勸我不要用木構造，因為即使我把所有的建築設計費都給結構技師，也不符合他們的成本。

還有另一個困擾就是防火認定的問題。國人對木構造觀念，仍停留在過去日式宿舍，及早期台灣傳統木構的時代，這兩種木構的防火性能的確是很差。然而北美的大木構造 (Heavy Timber) 在加拿大法規被認定具有 45 分鐘的防火時效【註 3】，在美國的 UBC Code，Heavy Timber 自成一類【註 4】，例如可供集會場所 (1000 人以下，2 樓以下，面積小於 1254m²)，或供中小學校 (2 樓以下，面積小於 1876m²)，或供旅館、公寓 (4 樓以下，面積小於 1254m²)。在此類構造中，那些裸露的木材是不需加任何防火板、防火漆的。如果加設消防撒水系統，樓地板面積可再增加 2~3 倍。

如果我們的建管及消防單位能對北美大木構造 (Heavy Timber) 的防火功能有更進一步的認識，而且對先進國家的工法及材料可直接認證，那才能鼓勵業主使用木構造，因為一般人採用木構造，就是希望在室內可看到、摸到木頭，但一聽到要做防火測試，或新材料新工法曠日費時的行政流程，便多放棄使用木材。即使如膠合樑 (Glulam) 在北美及歐洲國家有絕佳的結構、防火表現，在台灣也窒礙難行。

儘管由設計者的角度看目前在台灣設計木構造，似乎困難重重，甚至有時會有 Penalty，例如請照不順利、投入繪圖人力成本遠超出 RC 構造、還得不厭其煩的教水電工及設備廠商如何在木構造中施作及安裝配備。但有些事是不能完全由會計的損益表來評估得失的。五四運動的先哲先賢也不是為了要著作升等或上暢銷書排行榜才著作論述。巴哈也不是為了要上報紙藝文版的頭條才努力創作。【註 5】

如果你曾經住過日式的宿舍，或北美的房子，你會知道那種舒適度是在台灣目前任何市面上所謂「豪宅」無法相比的。如果你常在森林裡漫步，你的肌膚感官會對木頭有不可抗拒的情懷。如果你知道科技鉅子比爾蓋茲 (Bill Gates) 的豪宅是木構造的，(只有車庫是 RC 的，像防空洞一般，不知是否要躲中共的導彈?) 那你會對我們目前市面上鋪金貼玉的 RC 豪宅作何感想?



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

【註 1】台灣綠建築專刊：“以順應自然，思考建築的對策”，洪育成（P.77）

【註 2】國科會研究計劃：“室內設計裝修材之防潮性及壁體內防潮層設置點”，陳佩瑜

【註 3】Canadian Wood Council Wood Reference Handbook（P.480）

【註 4】UBC Code 1987, TABLE 5-B

【註 5】巴哈一生創作都是爲了榮耀上帝