

建立永續生態的觀念

以生命週期的觀點思考建築的對策

文／洪育成

台灣自光復至今，果真是人口生養眾多，遍滿全地，但因短視近利，我們把下一代的資產都預支了！

從早期的林業政策到現在的晶圓代工，我們在外匯賺進的同時是否曾計算一下，下一代的子孫將要為破碎污染的大地付出多少金錢與健康的代價？

“神就賜福給他們。又對他們說，要生養眾多，遍滿地面、治理這地。也要管理海裡的魚，空中的鳥和地上各樣行動的活物。”
創世紀 1-28

70 年代的省能建築及 Sick Home Syndrom

1970 年代的能源危機，促成了省能建築的濫觴，工業化國家驚覺到地球能源不再是取之不盡用之不絕。歐美國家開始制定較嚴格的能源法來規範建築物的保溫值（Insulation）及遮陽效果（Shading Factor）。以美國為例，70 年代以前的建築物在門窗上無嚴格的要求，單層玻璃普遍被接受，屋頂及外牆的隔熱值也較低，建築物的氣密性也較差，造成了空調上（冷氣及暖氣）相當大的浪費。

因此能源危機之後，美國政府能源部訂定了較高的隔熱保溫值，以佛羅里達州為例（與台灣氣候相似，同屬高熱潮濕）建議的隔熱值分別為屋頂 R:38~39、外牆 R:11~12（註：台灣目前 15 cm RC 牆的構造 R 值約等於 1.6，隔熱值顯然偏低），美國各州的瓦斯及電力公司也以各種優惠的方式，鼓勵消費者將單層玻璃門窗改為雙層玻璃，以及運用氣密材來填補門窗與牆的空隙，以增加建物的氣密性。

嚴格的能源法規的確在省能的成效上有相當的改進，但同時卻引發了始所未料的問題，即所謂的 Sick Home Syndrom。

建築物裡有許多建材是會釋放出氣體（outgasing），例如曾被當作隔熱材的 Urea formaldehyde 以及裝潢常用的密集板（particleboard）。在氣密性差的建築物，這些有害物較不易聚集，但在氣密性良好而無適當換氣的建築中，這些釋放出的有害氣體，再加上影印機、電腦產生的化學物容易累積，造成人體的過敏，許多長期待在室內的人常有頭痛流鼻涕類似感冒的症狀，但只要出到戶外，症狀便減

輕，這便是 Sick Home Syndrom 的受害者。另外在美國有些地區的地質會釋放出具放射性物質的氡氣，若建物基礎有裂縫，氡氣進到室內累積會有致癌的危險。

80 年代的健康住宅

因此在 80 年代，開始有許多的探討是針對所謂的健康住宅 (Healthy House)，探討的議題已不再只限於如何省能，更進一步的考慮到室內環境對人的生理及心理的影響，例如室內空氣品質 (污染源的 control 及換氣量)、水的品質 (飲用及排放)、室內建材的選擇、過敏源的 control (塵璊、貓狗的毛...等) 燈光、色彩與心理的反應...等等。

90 年代關切整體的生態體系及倫理

到了 1990 年代，資源 (不只是能源) 演變成全球性的議題。1992 年里約熱內盧及 1997 年日本京都的全球高峰會議探討的問題已全面性的關切了整個地球生物 (不只是人類) 的存亡，包括了資源 (能源、雨林、水) 的分配與運用、有害物質的控制、地球的溫室效應，同時也關切整體的生態體系及倫理。

在這樣的趨勢下，建築師所面臨的已不再是單純的省能建築技術，而是更廣泛、更週全的以生命週期 (Life Cycle) 的觀點來思考建築的對策。很不幸的，這些對策並沒有標準答案。例如木構造是否就是綠建築？假如所用的木料是來自原始林 (如東南亞及中南美州的雨林) 或台灣高山盜採的檜木，那不僅不是綠建築，反而是造成土石流，破壞生態的幫凶。建築師面對這些問題 (技術性的、道德、倫理性的) 時，過去的教育及訓練已不足以恃。

推廣綠建築及永續生態的觀念

若由生命週期 (Life Cycle) 來看建築，需由最初的建築基地選擇 (是否對現有的生態體系如溼地，保育區造成衝擊)，材料的選用 (在生產、製造、運輸過程對環境的衝擊及能源的消耗)，施工方式 (能源的消耗、工期、噪音、產生的污染、廢水、廢棄物等)，使用維修 (能源的消耗，使用年限，居住的健康及舒適度，維護難易及費用)，回收 (建物拆除時需耗費的能源、噪音、污染，及建材可回收的程度) 等問題來思考建築的對策。

在過去 (70 年代之前)，建築師的養成教育中，能源、生態，並不是迫切被探討的議題，因此像 80 年代已享有國際盛名的美國建築師 Richard Meier，他在空間美學上及材料的運用吸引了媒體雜誌的爭相報導，學生及年輕建築師也喜好模仿他的作品。Meier 的作品在建築史上亦佔有一席之地，被歸為 “白派”。但當能源、生態等問題逐漸成為人類不得不關心的議題時，Meier 喜歡運用大量的帷幕玻璃及天窗反而被許多人批評為浪費能源。然而在 1996 年 2 月的 Architecture 一篇文章的主題是 “Meier’s White Turns Green” 原來 Meier 在 80 到 90 年代在歐洲拿

到了許多的案子。因嚴格的能源法，使 Meier 必需在他所喜好的大量玻璃天窗及帷幕牆加上另外一層的遮陽系統，也因如此的轉變，使他的設計更趨於綠建築。Meier 在美國亞歷桑納州鳳凰城（炎熱的沙漠地帶，最高溫紀錄 47.8⁰C，夏天下午約在 29⁰C~40⁰C 之間）所設計的聯邦法院是個大玻璃盒子，（這要是在台灣一定被攻擊得體無完膚，如同台中市政中心的競圖首獎），但 Meier 運用他的“歐洲經驗”，並與 Ove Arup 技師的合作（P.167）竟然可使 6 層樓的挑空空間不需另設空調供應冷氣。

Meier 在聯邦法院的建築設計及 Ove Arup 利用電腦流體力學(Computational fluid dynamics)的軟體來模擬室內的溫度及氣流，是運用相當高科技的手法。然而其背後的原理卻是最原始，最基本的自然法則：避開西晒、增加遮陽、利用煙囪效應達到自然通風、利用水的蒸發降低空氣溫度。

台中市政中心競圖首獎其實也是運用類似的思考方法來解決日晒的問題，瑞士建築師 Weber / Hofer 在雙層的玻璃牆中間加了一道可調整的百葉遮陽，利用煙囪效應將玻璃牆中的熱氣排出，不讓熱傳導到室內，同時利用經由地下預冷的空氣來減低建築物空調的負荷。這些技術的運用在歐洲近十年來已陸續被採用，並視為綠建築的範例。Weber / Hofer 的台中市政中心雖是個大玻璃盒子，但卻沒有傳統玻璃帷幕牆 Heat gain 及 Heat trap 的問題，也不像台中大部份建築的 RC 外牆吸收了大量的輻射熱，造成空調額外的負擔。許多專業與非專業人士在批評台中市政中心競圖首獎作品時，常不明就理的將之歸類餘一般的玻璃帷幕建築，痛批這個設計浪費能源。這不僅突顯我們的無知，其實也失去了一個“高科技省能建築”在台中實現的機會。

北美的加拿大也是在綠建築上的先驅者。在 Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) 的支持下，多倫多蓋了一棟「完全」自給自足的住宅 (Architectural Record 03,97, P.28) 利用太陽能，雨水回收使該住宅不需接外電及自來水。省能建材及高效率的電器用品，使該住宅（約 47 坪／實坪）每年用電量是 3600kwh（一般同面積的住宅年用電量約 8000kwh），北美政府為了鼓勵用太陽能發電，容許住宅在白天利用太陽能板發電，多餘的電力經過電力系統，賣回給電力公司（也就是白天電錶會倒轉），這樣的好處是可減少電力公司無限制的興建電廠，減少環境的污染，民眾的抗爭。台灣的政黨及台電若能有如此的智慧與良心，核四之爭早該落幕！

台灣目前的綠建築研究在成大林憲德及江哲銘兩位教授的推動下急起直追，也讓政府及業界對綠建築有了新的認識。在整個國際局勢的壓力下，台灣政府應更主動採取對策。因為若依京都協議，所有締約國在 2008 年到 2012 年之間需把 CO₂ 的排放量降至低於 1990 年的排放水準。台灣雖非締約國，但勢必不可豁免在外，

而且台灣也不像美國有“堅強的實力”可討價還價要求 CO₂ 的排放量可以森林面積來相抵。因此到時台灣若不願將產能退到 1990 年的水準，就必需由能源效益的改進著手。也因此更嚴格的建築能源法令及適合本地氣候的對策是需極力推動的。

地處溼熱氣候的台灣，其實應訂定法規鼓勵大量開窗以利通風，但同時要有第二層的外皮供遮陽及遮雨。目前台灣的法規只容許 50cm 深的雨遮，對於夏季的西北雨並無太多的效用(90cm~120cm 較恰當)，若因下雨而需緊閉門窗，使通風對流效果降低，反而會增加冷氣及除濕的負荷。且牆及屋頂的隔熱值規定得太低，反而使設計者傾向於採用 15 cm 厚的 RC 牆，殊不知 RC 牆是很好的集熱材

(Thermal Mass)，在溫帶國家有時是刻意設計來儲存太陽幅射熱，以輔助暖氣的供應。台灣的夏天太陽幅射熱存留在 RC 的屋頂及外牆，到了晚上需要終夜開冷氣來降溫。能容許這樣浪費能源的建築，卻又不時的喊缺電實在是不合邏輯。

綠建築在台灣正蹣跚學步

台灣目前在綠建築的路上仍在蹣跚學步，因為我們對最基本的建築物隔熱認知仍不足。雖然台電節約能源推行小組早在民國 70 年 1 月 11 日，即以一篇登在中央日報的文章，詳盡的以數字說明了隔熱對節能的重要性及運用的方式，也開宗明義的說明有適當隔熱的房子比隔熱不當的房子可節省三分之一的冷氣用電(註 1)，或許是節約能源與當時擴建電廠的政策不符，政府一直未嚴格要求建築物屋頂及外牆的隔熱，20 年後的今天，竟然仍能容許絕大多數的建物 RC 外牆不加任何隔熱材，也竟然容許 RC 屋頂象徵性的加泡沫水泥或水泥隔熱磚！若換算成 R 值大概介於 1.6 到 3 之間(註 2)。比起同樣是炎熱潮濕氣候的佛羅里達州，我們的外殼隔熱效果約是佛州的十分之一而已！

台灣目前正鼓勵的綠建築構造，如木結構及輕鋼構遭遇到最大的阻力就是單位造價拼不過 RC 構造。事實上假如台灣的能源法規能將建物的外殼隔熱值提升到佛羅里達州的水準，台灣的 RC 構造自然會被淘汰。因為要使 RC 構造達到 R 值 11~39 是非常昂貴的。這也是為何美國在 70 年代後 RC 建築驟減的主要原因之一。

如果以台灣的標準而言，美國的每棟建築都是綠建築(因都是木構造或鋼構造)，而美國卻因單位人口耗費的能源居高不下常被歐洲國家批評，這對能源完全仰賴進口的台灣豈不是一大諷刺？

台灣自光復至今，果真是人口生養眾多，遍滿全地，但因短視近利，我們把下一代的資產都預支了！從早期的林業政策，到現在的晶圓代工，我們在外匯賺進的同時是否曾計算一下，下一代的子孫將要為破碎污染的大地付出多少金錢與健康的代價？

今天，綠建築、生態設計應不只是口號或流行的術語，這已關係到地球整體的生

態體系與倫理。當有一天我們要面對造物者之時，我們是否能無愧的認為已善盡所託治理這地，管理海裡的魚，空中的鳥和地上各樣行動的活物？

註 1：建築物的有效隔熱方法—台電公司節約能源推行小組，70 年 1 月 11 日。

註 2：以 15cm(6")RC 外牆，外貼 1 英吋花崗石為例：

外氣(夏天) $R_1=0.25$

1"石材 $R_2=0.05$

1/2"水泥砂 $R_3=0.1$

15cm RC $R_4=0.5$

內牆 1/2"水泥砂 $R_5=0.1$

室內空氣膜 $R_6=0.68$

$R=R_1+R_2+R_3+R_4+R_5+R_6=1.68$

洪育成·考工記工程顧問負責人·美國建築師公會會員·台中真建築協會會員。