

木材劣化防止

■洪榮爵／花蓮林區管理處副技師

一、前言

溫度和水分為木材劣化的兩項重要因子。就溫度因子來說，雖說溫度條件受地域、氣候、或使用部位等不同影響而可以有所改變，但達到 15℃ 以上時，腐朽菌或白蟻的活動趨向活潑，所以要用人為的控制來防止木材之生物破壞劣化，並不容易。另就水分因子來說，水分條件受到住宅的構造、施工方法、實質設備內容或居住方式等支配影響情形較多，所以比較有可能依賴人為的巧思運用來降低木材劣化的危險性。可是過去一直因為住宅的居住生活機能太受重視，而耐久性有被定位於是附帶的、次要的傾向。直到最近這種情形才稍有改變，為促使居住性機能與耐久性兩者可以兼顧並重的充實

耐久性有關試驗研究，正蓬勃陸續推展進行，它的技術體系，已能逐漸確立定位。

防止在這種情況下的木材劣化，多係針對防止施工上控制困難或無法預測其發生現象所產生的劣化情況作安全保險較強的性質的意味。即使這麼說，為了要給住宅以具體的所定耐用年數，木材的劣化防止為必需課題，又其他如樹種之多樣化，或各種木質材料之出現、繁多之金屬接合、與迴水處所的分散化以及重視舒適感覺的木材使用分野之拓展等等，都存在著促進劣化的要因，在在亦需逐一研究探討。

在提高木材之耐久性這一課題，從地球環境的保全與資源節約觀點，講求其整合性的時論逐漸增多的近況下，本文擬就提

高木造住宅性能這一題目下的一個「木材劣化」子題，予以思索檢討。

二、因應腐朽型態的適切藥劑處理

木材的耐久性，固然為樹種本身所固有，但耐用年數的觀點上說，它受到劣化環境很大的支配是不用置疑多說的。用在地上結構材用途的針葉樹木材，如果放置於滯留水分等容易發生腐朽的環境時，被褐色腐朽菌入侵的頻度較高，會發生一種濃褐色色變、材質變脆而崩壞的腐朽型態現象，也就是由軟腐朽菌導致產生劣化的情形居多。

京都大學木材研究所高耐久性木材開發部門、高橋旨象教授、鑒於微生物使木材細胞壁之構成成分的分解樣式、次序、比率等或細胞壁破壞的形式

，由於菌的種類不同而有所差異，就把它分別歸類分成若干「腐朽型」，並有保存處理之效力與「腐朽型」有密切影響之報告說明。依該報告，一般而言，軟腐朽菌、變色菌、表面污染菌比褐色腐朽菌或白色腐朽菌有較高的藥劑抵抗性，且褐色腐朽菌對於無機系防腐劑、白色腐朽菌對於有機系防腐劑有較強抵抗性之傾向。因此，在褐色腐朽菌比較容易繁殖的地上部位，有機系防腐劑較能發揮藥劑效果，靠近與地面接觸部位，白色腐朽菌較易活躍之處，銅化合物藥劑較為有效，如果錯把藥劑顛倒使用，則常無法獲得預期的性能效果。又在土中或水分狀態極高的部分，對銅化合物耐性極高的軟腐朽菌或細菌類，有活躍之可能性。

賦予這些不同腐朽型以特異的保存處理效力，除受到木材中藥劑的分布影響也常常受到與藥劑成分結合狀態之影響。正如高橋氏在CCA(Copper-Chrome-Arsenic)防腐劑之檢討例，（見京大「木材

研究資料」No.22「木材腐朽型及其木材保存處理之活用」）所示，化合物反應比率，於木質素與全纖維素有很大的差異時，能獲得的防腐性能，也受到腐朽菌的種類所左右。又即使用乙醃化或甲醛化等化學處理，也因為對木質素的反應性較高，所以一般對於白色腐朽菌以較低水準的處理，也可以得到高耐朽性能，但對褐色腐朽菌則需較高之處理水準。

依據區分劣化環境的所謂危險區(hazard class)的想法，劣化防止，除了考慮木材本身的防腐外，也和使用材料的環境周圍狀況之腐朽型問題有所關連。木材劣化之防止從環境面來說，應避免施行徒然浪費的失當處理，必需講求如何更加精確地付與防腐性能，欲於住宅各部位施行適切的保存處理，更需就上述觀點，考慮相互間的密切編組與配合。

三戶外材的保存技術處理

包括用於甲板、盤台

或裝飾板(Fancy)等戶外木材，也就是一般通稱的外裝木材(Exterior wood)，暴露在極為苛刻的使用環境，受雨水、土壤、太陽照射及很大的溫度變化等阻害因子之影響，予維持材料之高性能(High performance)以極端嚴酷考驗。而且除了這些自然環境侵害因素之外，人的步行或觸摸等因素也必需加以考慮，所以對戶外材性能的要求極高，而用之於道路或港灣設施或橋樑等用途時，更需講究涉及長期的構造安全性。

在屋外，會受到日光和雨水的侵患，為必然之第一前提，由於雨淋，不僅僅會使木材從表面部材吸水而促進木材腐朽，更因為它會從部材表面所發生的材裂縫隙使內部積水，成為腐朽主要原因。與實際上用之於縱向豎立用部材相比，用做水平部材時，水平部材的上面及側面的上部比較容易發生材裂，並滯留水分。木材之乾裂，一般都是由於取材伴隨乾燥的通常舉動原因所產生，尤其是結構材外

部，因為受雨水侵患而膨脹，並由於乾燥而收縮，因而促進材裂之發生。至於日光之照射，不僅會使木材表面發生組織崩壞，更因為溫度會急劇上昇，而使乾燥收縮急劇發生。

除此，關於腐朽發生處所，不能不加以留意注目的，是使用螺栓(bolt)或金屬板(plate)的接合部位。含有腐朽菌胞子的水分，最容易侵入那些間隙，一旦入侵，不僅周圍含水率會提高，同時也會使乾燥更為困難。

綜合整理這些外構材特有的乾裂相關連的課題之時，就會對於施行深入到達部材內部的藥劑處理，防止水分滯留的匠心構思或其工法的導入，撥水塗裝等表面被覆，或撥水劑之加壓注入，或垂直部材頭部之銅金屬板被覆等積極的防止乾裂對策之檢討，感到必要，又外裝木材被雨沾濕，與土壤接觸或與水池、河川、海水接觸使用情形甚多，所以所用藥劑必需是溶脫抵抗性較強者；為達成這些目標成效，除應加強改良藥性在木材內部的固著性之同

時，在處理工程上，充分嚴謹的管理，在在同感非常必要。

準此而言，其他在防腐上所共有的：因應多樣材料型態的保存技術，危險區區分之確立、養護體系之充實等問題之於外裝(戶外)木材，較之於住宅內部部材，便成為更重要的課題。

四 提高浸透性的技術革新

能不能順利付與我們對木材所期望的耐久性，固然受到注入木材內防腐保存藥劑的效力所支配，同時也與藥劑在木材裏面浸透狀況有所關連。通常的木材，液體到達邊材的注入性良好，但液體到達心材則一般較不容易。正如雨宮昭二氏之試驗所指出的：木材防腐，除了對於像檜木(日本扁柏)心材耐久性較高樹種，沒有問題之外，大半的樹種木材，藥劑如果無法浸透到心材，則要獲得期待的耐久性能，便有困難。我國新訂的藥劑處理基準，除了納入危險區分概念之外，還依據心材的耐久性區

分樹種類別，規定從材表面一定的浸潤度，可以說就是基於上述現實理由所然。

目前使用在建築用途的樹種，用通常的減壓、加壓注入處理，而能使心材也能夠獲得充分藥劑浸透性的，可說只有輻射松(radiate pine)和薩山松(Sasan pine)昆仲並不過言。

從來所從事的內部浸透法中，有一種利用帶刃器物損傷材的表面，製造許多人工微小木口面，使藥劑浸透性能確實到達一定深度的，極為實用的方法，不僅藥劑可以深透內部，也因為材表面的小傷口，可以對於防止嚴重乾裂有緩衝的功能作用，因而對屋外使用的結構部材，也能付與相當的腐朽抑止效果。

最近以提高浸透性的前處理法，被研究檢討的水分，加熱下之壓縮法、或低壓粉碎法等，都是想用物理原理方法在木材中製造經路管道，以促進來自木材木口面以外的側面液體浸透性為目的所設計者。如果說上述的內部浸

透法，就是在木材表面製造人工木口，那麼採取這種手法的最終目標可以說就是能夠在木材內部創造出人工的微小裂縫了，而這些操作上適性的處理條件都還在摸索當中，尚無法進入實用階段，早日確立這一方面的技術，正為衆所寄望。

我們對於在木材中做為液體之通路微細構造的紋孔(pit)付與之關注，常常有厭惡其力有未逮之傾向，固勿論對它有意或無意的忽視殊無必要，但至少對於次巨(Submicro)孔隙的浸透性則有稍再加強考慮的必要。即使在浸透性較好的針葉樹材做減壓、加壓的處理，藥液浸透領域也常有出現島狀的實際經驗；浸透性較差的闊葉樹材則透入導管周邊及導管周邊以外的組織之浸透性差異，非常之大。其原因據推測係由木質素等化學成分所致，但用同一藥劑或同樣的處理水準所得的效果，闊葉樹較差的現象，則在實際經驗中屢屢出現。這種現象，不僅在藥劑的注入處理時如此，於塗布等表面處理或

化學修飾處理之時，亦復如此，因而對於次巨(Submicro)孔隙的浸透性差異問題，便有詳細再加檢討之必要。

五 木質材料劣化之防止

木質材料因為在原料面的限制或製品構造信頼性的付與以及尺寸限制的排除等各方面具有優點特色，而能佔有建築材料上主要一角，因而在此專就它的劣化予以檢討：

就原料元件的尺寸方面，以集成材為例，由於長尺材以及斷面部材或彎曲材的製造已成為可能，而使集成材成為大型木質構造物構造部材的主體，儘管如此，但依累積到目前為止的調查結果文獻等則仍指出：支配集成材耐久性的因素，接著層劣化因素之影響，不如來自木材自身的腐朽因素影響來得大。

要在集成後注入防腐劑時，期望在材內部充分浸透藥劑，很有困難，而且大斷面或彎曲材也有藥劑注入操作上的限制，另外，只要用通常手法處理

，處理後也很容易發生變形或扭轉材裂等缺點，尤其在注入水溶性藥劑時，因為拋露在液體浸透所引起的材料膨潤或乾燥過程之收縮等苛刻狀態之下，所以對於接著性能的保持，可以說所受影響條件，立地處身極為嚴酷。

但另一方面，集成材可以採取預先處理積層片板(lamina)後，予以積層之手法，而在藥劑浸透深入內部這一點上較為有利，尤其在付與大斷面集成材以較高水準之耐朽性時，預先做片板的處理，極屬必要，此時積層片板單片的防腐處理，應注意儘量避免對於接著性能或接著耐久性之不良影響作用。防腐處理後積層片板之接著性能和未處理時相比，一般都有呈顯負數面之傾向。經過CCA處理的積層片板性能，因為受到沈著在木材細胞壁上的藥劑成分阻害接著影響，而降低接著性能，是很久以來就在試驗報告中被指出摘述的，但透過使用適切的接著劑和選擇適當的接著條件還是可以有充分保有接著性能之可能。而對

於不易引起接著阻害的防腐劑之選擇問題之研究檢討，現正積極在推展之中。

合板、單板積層材 (LVL) 之保存處理，從構成元件的尺寸予以考慮時，它可以跨越適用於前述的集成材和後述的纖維板等兩樣木質板類。單板的處理場合，內部裂對於液體浸透的任務之完成，有較多之幫助，製造後的處理，則表、裏單板的浸透，雖然容易，但對於液體之透入內部活動，接著層便成為障礙，因而發生困難。

用很小的元件以接著劑接著構成的木質板類，一般來說，比素材對於腐朽或蟲害的抵抗性較強，但這種傾向，受到各種不同的製造因子很大的支配影響，而且除非不做某些處理，無法避免腐朽菌或白蟻引起的劣化。又一旦腐朽，則因為具有材料而厚度較薄的特質，以及腐朽菌浸入元件中間，使接著性能降低的獨特劣化舉動等原因，強度之降低，便非常顯著。

使用耐久性較高的樹

種，做為原料時，所製成的成品板類，當然因為可以反映出原料原本所具有的耐久性能，板成品較不容易腐朽，但在實際上現實狀況，要全部選擇收集耐久性較高的樹種，做為木質板類的原料，不無困難，而且在未來不得不考慮利用廢材或未利用樹種以及速生樹種等充作木質板類原料的境況下，實無法寄望藉由原料樹種本身來提高木質板類的耐久性能。而在粒片板 (particle board) 等木質板類，則接著劑的類型或製板條件，對板類的耐朽、耐蟻性的影響甚大。使用酚樹脂接著劑 (phenolic resin adhesive) 的板類，比使用尿素 (Urea) 樹脂或異氰酸鹽 (ISO-cyanate) 樹脂板類，耐朽性較高，強度的降低，亦較緩和。

付與木質板類以耐朽、耐蟻性技巧手法之中，於元件之處理，藥劑浸透較為容易，如果不會給接著性能或其他板類物性帶來不良影響，便可以獲得很高的效果，只可惜這種處理工程比較繁雜，而且

成本很高。

在接著劑內混入藥劑，寄望於熱壓時，藥劑效果能移轉到原料元件內的所謂接著劑混入法，是一種很容易導入於實際製造線上的處理方法，但在藥劑和接著劑的混合性以及熱壓時和堆積時之揮散與分解的防止等各點，有其應注意之處。合板方面，施行接著劑混入法的防腐防蟲處理已實用化，其因應使用環境的藥劑量的設定，已經能夠付諸實行，而在其他板類方面，類此技術之確立，也應該積極推展。對此，筆者等所做，把有機系化合物混入於接著劑內製造粒片板之試驗研究，已經有不會降低剝離強度等板類物性，可以獲得高防腐、防蟻性能之報告。這樣的結果，顯示粒片板因為熱壓時藥劑移到木片 (chip) 的進行順暢，而且接著層自體存在有藥劑，對板類的劣化防止這一點上，有巧妙的機能作用。

另外還有一種把低分子的酚 (phenol) 樹脂和高分子的同一樹脂混合後，吹氣附著於粒片板的處

理方式，乃是利用前者低分子酚樹脂可以浸透到木材實質之內，可以付與尺寸安定性或生物劣化抵抗性及後者高分子樹脂可以充當接著劑的性能所設想之板類製造法。這種手法也可以算是廣義的接著劑混入法。

製板以後，以塗布、浸漬、吹氣附著或加壓注入等方式防腐，是很久以來所採行的保存處理方法，但如果只做表面處理，藥劑很難充分到達板類內部，也便很容易從切口向內部產生劣化。又在加壓注入時，如果不行使利用輕質有機溶媒的乾式處理，則會引起板類的膨潤而使物性顯著降低。

木質材料因係收集元件而製成成品，所以有可能導入素材所無法施行的處理方法。木質材料所共通具有的一般性特點，就是可以改良木材（製品）的瑕疵中的一種或多數缺點，這一點上，但對於腐朽這一課題，如果去除「保存技術」，則目標之達成便有困難，思考今後的木質資源利用應有之理想狀態之時，木質材料耐久

性之提高，應該是很重要的課題。

六 化學加工方法之施行

化學加工法之防止劣化，不同於一般的針對足以引起劣化的微生物、昆蟲使用毒物防止劣化手法，它是一種屬於利用化學上改良木材體質方式，來控制劣化的方法。這種方法現正多方在嘗試當中。其中有已實用化的乙酰化（Acetylation）或酚樹脂處理以及正在研究尚未實用化的甲醛（Formal）化等方法，也就是說在技術上已接近實用化或尚停留在研究試驗領域內的許許多多試驗，都分別在推展進行之中。

木材細胞壁中，活性的 OH 基，為微生物進行酵素分解的外角，所謂化學加工之劣化防止法，就是在這個區域，用化學上的或物理上的方法，予以阻斷以防止劣化微生物之侵犯者，因為採用這種方法處理時，在水分這一方面木材都會安定，所以施行這種處理，即可同時付與木材以尺寸安定性及耐

久性等複合機能。

化學加工手法的大半，不外應用在纖維分野之技術或對於木材自古以來所想到的把它推展開來的居多，故而它的周邊技術之進展或複合機能之付與，也因此受到重視，並且很多都能往上推展到實用化階段。又因為化學加工處理並不依靠毒物的作用，所以在環境保護上受注目並被認為是一種值得贊許的處理法。其他，在施行化學加工法領域內；如浸透到木材細胞壁中的樹脂浸透性，因受到分子量的左右，而所能得到的性能也受到影響的發現，或者與儘量抑制木質部材質貶低的架橋結合之處理，等技術開發相結合的新的發現等，都在試驗研究中有所斬獲。

然而除了一部分之外，還是無法以耐久性材料打開廣大市場，最大的理由在於施行繁雜的處理操作，以致成本偏高，而且被拘束在成本極為低廉的舊習也不無影響。可是在另一方面，把合宜的處理，施行在木質板類用來降低處理費的試驗之中，使

用從來沿習型的保存藥劑或與它相近似的藥劑，在處理法設法或導入付與複合機能成分之添加等技術而達到和化學加工相接近的提議處理等研究趨勢頗受認定，在這一方面筆者認為不得不特別留意致力於如何付與它恰到好處的性能，以及對於它的科學性說明。

七. 結語

本文僅就木材劣化之防止對策，目前所遭遇的問題為中心，予以提述，

其他如白蟻的危害住宅之防止等，在現場的處理和施工方法有很多關連的問題，未予特別引述，除此也還留下現場表面處理之檢查和維護等重要課題。

防止木材劣化的所謂「保存處理」，從藥劑的安全性以及對於環境負荷的寄懷等相關連的各方面，探索其應走方向的舉動較多。毒性較低的藥劑之開發雖然重要，但它究竟還是應該只在使用環境相對應的情況下，予以考慮者，這種考慮，並不是

要讓藥劑效力曖昧化，真正的目的在於要確定信賴性較高的藥劑性能之優先順位。做為木質資源的材料，考慮它的優位性時，賦予它恰到好處的性能之一些作法，不能說它會貶損它的性能，勿寧應該說它因而更能突出它的效力性能才是正確的想法。

—譯自木材工業 Vol. 49, No. 11. 1994. 著者為日本京都大學木質科學研究所今村祐嗣教授。

上山請注意防火

共同維護森林資源

目前臺灣地區已進入乾燥季節

登山旅遊請注意防火

大家同心協力防範火災

若發現火警，請隨時通知林務局

保林防火免費專線：

(080)057930 (林務局救山林)

(080)000930 (林林林救山林)