

篇名：

台灣木構造古蹟之維護與修繕技術

作者：

高三孝班。9612104。莊翎

高三孝班。9612009。許宇廷

高三孝班。9612336。褚國陽

指導老師：

孫德昌老師

## 壹、前言

研究動機：著手計劃撰寫小論文時，指導老師並沒有給我們很明確的方向，只是希望由我們自己去定位我們想要的題目，也就是這個原因，才讓我們三人組成一個團隊，而在一次的淡水之旅中，我們拜訪了淡水最有名的紅毛城。在我們參觀這雄偉的建築物時，偶然看見了它的外牆修復紀錄，而引發了我們想要做古蹟修復的題目，但因為台灣多數古蹟是屬於大木構造，所以我們的題目便訂成台灣木構造古蹟之維護與修繕技術。

研究目的：本次研究目的為調查古蹟建築大木構造修復事例，及解析其修復技術。

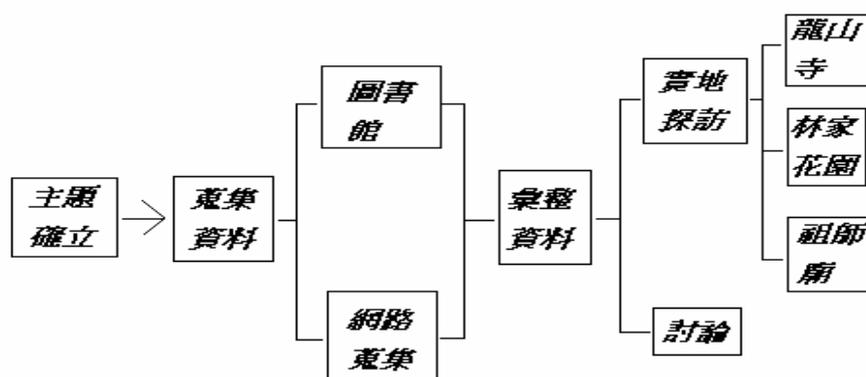
研究對象：在台灣地區依法指定之古蹟中，主結構體屬木構造者約佔 64%。因而大木構造修復技術的研發與適切的應用，乃是整個古蹟修復工作成敗最主要關鍵。就古蹟建築大木構造修復過程而言，其修復技術包括：

- (1)研究調查階段中對大木構造之檢測、損壞程度之診斷及歷史證物之判斷等技術
- (2)段中對大木構造之力學分析、構法分析，及各構材最適之修復工法等技術
- (3)施工階段中對大木構造之解體、組裝、抽換工法，及各構材之防護工法等技術
- (4)使用階段中對大木構架之日常檢查要領，及保養維護等技術

本次研究的對象主要是台灣大木構造之古蹟，其中又以廟宇為主要探訪對象。

研究範圍：本次研究範圍包括大木構架的損壞評估、大木構架及柱子的修復、木材應如何保存及木材之防護與環保。

研究流程：



## 貳、正文

檢測之原則：在依文化資產保存法中，古蹟以「原樣保存」的原則下，大木構建損壞程度判斷不僅關乎安全上與經濟上的議題，重要的是，關乎歷史證物保存上的議題，實不可不審慎。目前對「非破壞檢測法」的施行，對於古蹟的研究及實際進行修護的步驟、程序、方法上的重要性，是毫無疑問的，然而卻無一定的規範可循。

檢測方式：以下針對現存應用於古蹟大木構件非破壞檢測法中以現在科學的超音波法、 $\gamma$  射線照射法，以及傳統經驗為主的目視觀察、敲擊法、聽診器聽音法、探針法分項簡略敘述如下表：

檢測法		檢測可達程度
科學式	$\gamma$ 照射法	可針對複雜樺卯構件照射成像於底片並解析 對木構建內部的腐蝕、瑕疵、釘入物等天然或後天損壞狀況照射，可得到確切的位置、大小、範圍與類型等訊息 由於照射費用昂貴且照射過程費時、流程繁複，故無法全面性實施，只能篩選部分構件實施，仍無法達到精密檢測的要求
	超音波法	利用音速遞減量測可以得到木構件瑕疵或損壞的存在，與整體損壞約略至何種程度 尚無法得知損壞類型，僅能有限度預測瑕疵可能位置、大小、範圍 可進行全面性檢測，但對探頭無法施放部分仍無法檢測
感官經驗式	目視觀察	以肉眼觀察的感官方式憑藉經驗值提出損壞的敘述與報告 視覺可及的部位都可進行全面性的目視觀察 只能針對構件損壞訊息形於外來判別，構件內部的損壞無法得知
	敲擊法	以榔頭敲擊的聲響憑藉經驗來判別損壞部位與程度，可經由經驗值的比對說明構件大概的損壞程度，但無法提出詳細說明與數值 只要榔頭敲擊的部位都可進行全面性檢測 對內部損壞類型或構件中心破壞的狀況無法判別，補土修補等部位則容易誤判，榔頭不可及的部份容易忽略，如楹與？仔接合處
	探針法	以探針探入構件裂隙或損壞部位量測深度或以觸感來說明損壞的大概情形 只能針對構件表面有裂隙或孔洞實施，無法全面處理 對於內部損壞卻未形於外的構件無法得知實際大小位置等訊息

	聽診器法	以聽診器聽蟲蟻活動的聲響判別蟲蟻是否存在，對於損壞程度無法判別只能針對生物性破壞檢驗，受限於蟲蟻活動的季節時間與蟲蟻攻擊的部位，無法全面實施
--	------	------------------------------------------------------------------------

實例：以孔廟蟲蟻防治為例



←柱子被白蟻蛀空後，嚴重皺縮



←樑桁在牆內的部份已完全蛀空



←白蟻在此築了一個副蟻巢



←另一處的副蟻巢



←一個小副蟻巢，但托木已整個蛀空了



←通樑蛀蝕嚴重



←樑桁龜裂嚴重，而且發霉



←漏水嚴重

## 修繕技術

大木構件以及柱子的修護：

大木構件的修護內容大致分成：墩接柱根、抽換柱子和輔柱、更換椽望翼角、打傘撥正、大木歸安及拆安、遷建工程中的大木構件拆裝、復原工程。

大構件的修護如下：

(1)墩接柱根：修護方式是利用鉅及扁鏟將柱根腐朽部分的表皮剔除乾淨，然後按原外觀使用鐵箍將包護材料和原木構結合在一起。當柱根腐朽嚴重時，則必須將腐朽部分完全切掉換上新材，此方式稱為墩接。

(2)抽換柱子及輔柱：在不拆除和柱連結在一起的構件，而使用千斤頂及角材支撐將大楣撐起後，而將柱子拆下換新。

(3)打傘撥正：先將歪斜部分利用安全支撐穩住；掀瓦面，拆去山牆木牆等支頂物、望板、椽木使大木構架露出；將木構件接合之木楔去掉、鐵件鬆開；在柱子外皮彈上中線及水平線；利用工具使構件歸正；支撐穩定，重新上木楔，然後砌山牆、裝木牆、釘望板，全部工作完成後撤去支撐。

(4)大木歸安、拆安：所謂歸安，是使構件榫卯重新歸位並進行鐵件加固，一般歸安是不採用解體方式；如果構件要拆下來修補或更換則稱為拆安，此技術要解體來解決。

柱子之修護為：

1.挖補：柱子腐朽深度不及 1/2 時，可採用挖補修法，先將腐朽部位鑿成容易修補之規則形狀，在以同木料用膠緊密連結。

2.劈裂處理：柱身縱裂的裂縫如為 0.5cm 以下，可用環氧樹脂加適量之石英粉修補。

3.柱心槽空處理：將槽空之柱旁加上輔柱，再將槽空部分剔除乾淨後，以環氧樹脂或照挖補方式修補。

4.墩接：墩接前應用輔柱，如為獨立柱其墩接長度不得超過柱長 1/5；如為附壁柱或暗柱其墩接長度不得超過 1/3，除非埋入牆內之暗柱有施作困難外可用，可用齊頭墩接外，其餘均應以刻半墩接，且其搭接長不得少於 40cm，同時內做案樺外用鐵箍補強。

5.抽換柱子：先將柱子之柱門每邊掏開 20cm，並清理乾淨，如原柱已無法承擔者須加輔柱。再以千斤頂將樑升起，升起高度以能抽換柱子為原則，然後拆樺並撤下舊柱換上新柱，再將千斤頂慢慢降下。

## 木材之劣化

### 木材腐朽：

造成木材腐朽的微生物必須在下列的環境條件下才能分解木材：

- 1.充分的食物供給
- 2.適當的氧氣含量
- 3.適宜的溫度
- 4.適當的溼度
- 5.適宜的酸鹼值

由於木材是微生物的食物源，台灣又具有高溫多濕之亞熱帶海島型氣候，再加上大多數的木材是屬於微酸性，適合大多數的菌類與孢子生長之所需，所以天然耐腐性不佳之木材，或者未經適當的保存處理，很易以產生腐朽現象。引起木材腐朽的微生物主要是真菌。常見的木材腐朽類型可分為下列四種：

1.邊材色變：邊材色變主要是木材的邊材顏色產生改變，當木料處於不良的環境下或高濕的木材在氣乾時均容易產生，受到危害的木材其外觀顏色一般為灰藍色或藍綠色，故又稱藍色變，有些邊材色變之顏色為綠色、紫色、褐色甚至黑色。木材一旦產生邊材色變後，不僅對於水分的滲透性會大大地提高，其對木材造成之分解與通道也使得木材受到腐朽菌與蟲蟻之危害可能性大為提高。

2.褐腐：木材產生褐腐之現象主要是由褐腐菌所引起，針葉樹較易受褐腐菌危害，褐腐菌主要是破壞木材中之纖維素而使木質素殘存，因此木材之外觀變為褐色。由於纖維素對木材強度之影響超過木質素，所以木材重量雖僅稍微變化，但纖維素以大量被破壞，強度降低甚速，木材變脆、開裂、崩潰之現象亦隨之產生。

3.白腐：木材產生白腐之現象主要是由白腐菌所引起，白腐菌同時會破壞木材中之纖維素與木質素，使木材之外觀變成白色。白腐菌分解纖維素之速率與代謝作用速率一致，故強度之損失較褐腐菌為慢。

4.軟腐：軟腐的腐朽形式與褐腐相似，但較之於褐腐，軟腐的速度比較慢，對木材之破壞性也比較小。經軟腐危害之木材會變的較軟，並使木材表面較易受天候劣化而破壞剝落。

### 木材蟻害：

在古蹟建築的大木構架、壁板、地板、天花板、門、窗、及書櫃等經常可看到白蟻危害之現象，不但造成古蹟建築嚴重的破壞、結構安全性的顧慮以及財務上的

損失。爲了有效的防治白蟻危害，有必要選用耐蟻性佳的材種，或對耐蟻性差的材種施以防蟲蟻處理以及建築物地基的土壤防蟻措施。

由外觀檢視不易發現木材受害，因爲白蟻只啃食木製品之內部。又地下白蟻較少產生蛀屑與排遺，所以判視木構物或木製品是否受地下白蟻感染、危害可由下列方法檢查：

1. 檢視牆壁、柱面或其裂縫內是否有白蟻的保護通道
2. 白蟻分飛時節，注意是否有分飛蟻飛出聚集，或是檢視是否有大量脫落的翅膀
3. 仔細檢視木製品之表面是否有起泡或變黑之跡象，如果木製品受害嚴重則會斷裂
4. 可用木槌或重物敲打木製品，由聲音之差異來研判

## 木材之保存

木材保存與保存方法：

狹義的木材保存是只對木材施以木材保存藥劑之處理；廣義的木材保存是所有能長久預防真菌與蟲蟻侵害木材的措施，包括：

1. 於不同之使用地點選擇適當的材種，使該木材之天然耐候性能充分利用
2. 採用建築結構可能措施（建築結構性的木材保存），保護木材免受水分之影響，並能長期保持乾燥
3. 對木材施以表面保護處理，保護木材免受天候變化之影響（天候劣化的防護）
4. 對木材施以木材保存藥劑之處理（化學性的木材保存），保護木材免受生物之侵害
5. 對木材所處環境施以木材有害生物之防治措施，例如土壤阻絕帶之設置或土壤消毒藥劑之處理

化學性的木材保存：

它的重要性有：避免或減輕木材腐蝕的可能，減少損失、天候劣化嚴重之處特別需要以及增加經濟效益及延長木材使用年限。

在傳統的化學性木材保存僅單純的考慮使用之保存藥劑種類（油溶性或水溶性）、處理方法（簡單的處理或繁複的工廠處理）以及藥劑與施工方法是否最符合經濟效益。

所以現今之木材保存，在傳統木材保存之架構下，其內容已有修正，及更考慮何種藥劑能符合各種不同需求，換言之，選擇藥劑是以其最大的藥效吉最低的副作用爲重要的考量。

然而，木材保存化學藥劑的使用在環境保護之下，造成各式花費的提高，所以必先考慮「非化學性的木材保存」是否有可能對木材加以保存。

(1)化學性的木材保存措施的要求：在木材保存而言，木材保存藥劑的選擇與施作的方法均很重要，藥劑種類與處理方法之決定必須依木材所處之環境、可能的環境衝擊、費用以及其他因子綜合考慮等。

(2)木材燻蒸劑：木材燻蒸劑是只可殺死遭危害木材內之生物的藥劑，使危害不繼續擴大，對真菌危害之抑制較無效用，一般用於驅除危害木材之蟲蟻。此方法屬於物理性的方法，較化學性的方法為環保，可先考慮以熱空氣、氮氣以及二氧化碳予以驅除，如此無後續維修時與其他使用材料不相容的問題；另外在覆蓋木構件與建築物妥當下，可以溴甲烷或氟硫？等燻蒸劑加以驅除。

(3)木材防腐劑：木材防腐劑是指可使木材免於真菌等微生物之危害，提高木材的耐久性，延長木材的使用年限之化學藥劑。木材防腐劑的種類繁多，有些藥劑具有普遍性，對危害木材的生物都有毒效，但有些藥劑卻具有選擇性，需根據時實際情況選用有效的防腐劑。良好的防腐劑須具備以下的條件：對危害木材的生物有足夠的致死毒性、需具有持久性和穩定性、對木材有良好的滲透性、對金屬無腐蝕性、不影響木材表面性質、不降低木材強度以及使用安全，不污染環境。木材防腐劑可分為三類：煤焦油類、油溶性類及水溶性類。

煤焦油類的防腐劑包括如雜酚油類與煤焦油蒸餾物等，煤焦油類防腐劑是一種普遍性防腐劑，對各種木材腐朽菌、昆蟲、白蟻及海生鑽孔動物都有良好的致死性和預防作用，且價格低廉，具抗水性，不易流失，並對金屬的腐蝕性低。但具有刺激味道，黑色之外觀，且處理後之產品無法塗裝，所以漸被淘汰。

油溶性的木材防腐劑是由一種或數種殺菌劑或殺蟲劑溶於有機溶劑中所調配出之防腐劑，這些殺菌劑或殺蟲劑之濃度在 5%以下。殺菌計有五氯酚類、酸金屬鹽類、氧化三丁錫類、有機碘系化合物、環烷酸。殺蟻劑則有靈丹、地特靈、有機磷化合物、除蟲菊類。此類防腐劑具有以下優點：對危害木材的各種生物毒性強、易被木材吸收，可用刷塗、浸漬等簡易方法進行、耐久性佳、處理後木材變形小、表面乾淨及不腐蝕金屬，但有成本較高，處理後木材易燃及不宜用於食品工業用材的防腐處理等缺點。五氯酚類因其防腐、防霉效果十分優良，為此類型防腐藥劑中最重要且用途最廣的防腐藥劑。

水溶性類防腐劑是目前世界各國應用廣泛、種類最多的一種防腐劑。大都是由具毒性之離子鹽類所組成。常用的水溶性防腐劑有氟化物、砷化物、銅化物、鋅化物、硼化物以及一些複合水溶性防腐劑如鉻化砷酸銅、鉻化硼酸銅、氨化砷酸銅、酸性鉻酸銅、氟化鉻砷酚等。

此類防腐劑具有以下優點：價格低廉、調配、使用容易、表面乾淨及不增加木材可燃性，但在處理後，木材會有尺寸安定性之困擾，及非複合防腐藥劑有流失性之潛在問題。商業上最常用的是鉻化砷酸銅(簡稱 CCA)，其種類很多，依所含氧化銅、三氧化鉻與五氧化二砷等配方而命名。成分中鉻扮演固著劑，銅具有殺菌劑及殺蟲劑之功能，砷則有殺菌劑及殺海蟲之功效。CCA 藥劑可以浸漬法或加壓注入法處理木材，其成分伊但進入木材便與木材之化學成分相結合，形成一種穩定的錯合物，不會溶解，所以能防止黴、菌、昆蟲、白蟻、海蟲等危害外，亦有下列特性：提高耐水性，減低木材之收縮膨脹，改善尺寸安定性、提高耐光性與耐候性，減低大氣因子之危害、改善塗膜之耐久性、減低塗裝後之表面滲色、

著色之問題以及處理後木材之鉋削性與加工性良好。

(1)木材防蟲劑：指可使木材免於蟲蟻等生物之危害，提高木材的耐久性之化學藥劑，且須具備以下條件：必須具殺蟻的活性、對哺乳動物的毒性低、對水溶解性低，如此才不至於流失而污染地下水源及環境、具長效性、具低揮發性且無臭味、價格低廉、易調配與使用。

(2)木材防腐與防蟲處理：一般來說，影響木材防腐與防蟲達到最佳效果之因子有三，即前處理、化學藥劑和處理方法。前處理之目的是要使防腐劑與防蟲劑能夠深入且均勻的分布在木材中。

木材防腐與防蟲處理方式有很多種，如刷塗法、噴塗法、浸漬法、擴散法、熱冷浴法及加壓法等。前五種常壓下之處理方式，總稱為木材表面處理，其效力會較加壓注入為差，所以和木材使用環境或必要之耐用年數相對應的，有必要將常壓與加壓兩種處理分開。

塗布與噴塗法雖其方法不同，但處理條件與處理結果大致相同。塗布量與木材真正吸收量會依木材之浸透性、藥劑溶液之性質與木材表面之修整程度等不同而異。浸漬法則是依浸漬時間可區分為瞬間浸漬(60 秒為止)、短時間浸漬(數分鐘~數小時)、長時間浸漬(20 小時~數天)三種。

在日本和本省建築物之劣化主因為腐朽與白蟻危害，而以兩者同時發生者為多，所以木質部之處理會使用防腐劑與防蟻劑之混合劑。

此外，在常壓下最有效的防腐與防蟲處理是熱-冷浴法，原理是將木材先在熱的防腐與防蟲劑中加熱，隨著木材內溫度的上升，其中空氣膨脹、水分蒸發，因此木材內的壓力高於大氣壓，空氣和水蒸氣便會由木材內排出，此時再迅速將木材由熱的防腐與防蟲劑槽中移至冷的防腐與防蟲劑槽中。因為驟然冷卻，木材內的空氣受冷而收縮，為排出的水蒸氣也冷凝，如此木材內便產生真空。由於木材內防腐與防蟲劑之間的壓力差，防腐與防蟲劑因此被吸入木材中。

加壓之防腐與防蟲處理是最重要及最有效的。是將木材放入密閉的容器中，利用壓力將防腐與防蟲劑注入木材內部。加壓法依所使用壓力之高低，可分為高壓法及低壓法。

1.高壓法：基本之注入法有三種，即充細胞法(又稱白氏法)、空細胞法(包括勞利法及魯賓法)及半空胞法。其中以充細胞法最為重要，是利用加壓前將處理槽之壓力排除，而使防腐與防蟲劑能充滿木材細胞，所以充胞法能保留大量的防腐與防蟲劑，故又稱全吸收法。此法適用於水溶性防腐劑，其抄操作程序首先於注入筒進行前排氣，抽除木材細胞內空氣以便防腐與防蟲劑進入木材內，真空度為-0.8bars 維持 15 分鐘至 60 分鐘，然後再真空狀態下導入防腐與防蟲劑於注入筒，進行加壓，壓力通常為 10-14bars，壓力將維持 1 小時至 3.5 小時，隨樹種而異，加壓結束後解除壓力，並將防腐與防蟲劑導回藥劑儲藏筒，最後進行後排氣，真空度為-0.8bars 維持 15 分鐘，以便去除木材表面多餘之防腐與防蟲劑。空細胞法之魯賓法與上述充細胞法最大的差異處即在處理初期不但不施以真空，相反的施以初期壓力，壓力為 4bars，加壓維持 10 分鐘至 1 小時，隨樹種及大小尺寸而定。

其五個階段為初期加壓、注入防腐與防蟲劑、加壓、洩除防腐與防蟲劑、後排氣。勞利法在處理初期既不以真空也不施加壓力，而是在常壓下將防腐與防蟲劑直接導入注入筒，其處理過程可分為四個階段，即常壓下注入防腐與防蟲劑、加壓、洩除防腐與防蟲劑、後排氣。

2.低壓法：又稱為雙真空法，適合有機溶劑防腐與防蟲劑入木材之用，此法與高壓充胞法相似，只是所使用之真空度及壓力均較小，真空度為-0.17~ -0.83bars，而所施加之壓力低於 2bars。

## 參、結論

台灣古蹟中以木構造佔比例最大，因此本研究以討論如何保存木造古蹟以及修復之技術為最主要之目的。從許多資料中，我們發現，木材常因受潮而腐朽以及白蟻蛀蝕之危害而損害木材之強度。為防止木材受損而影響日後之使用，我們可以使用燻蒸劑、防腐劑、防蟲劑以及鉻化砷酸銅(簡稱 CCA)等化學藥劑，以避免眾多木構材之損害，使用如：刷塗法、噴塗法、浸漬法、擴散法、熱冷浴法及加壓法、高壓法及低壓法來保護木材，現在皆以高壓注入法為最常用也最有效之方式，來保護木材不致受腐朽以及白蟻蛀蝕之危害，然而因各藥劑之使用方法不同，導致木材保存效益無法完全發揮，所以檢驗木材之損害方法極為重要。

在完成木材保護之後，我們也應考慮到修護完成後之使用問題。而針對大木構架，目前在使用與管理維護上，主要問題有下列：不適當之開放或使用、額外增加之飾物、焚香祝禱、任意加件附屬建築物、不良周圍環境及觀測系統缺乏。

## 肆、引註資料

台北市市立圖書館〔總館及長安分館〕

《中國古建築修繕技術》

《古蹟建築大木構造修護技術原則性問題之探討》

《三級古蹟台北市孔廟蟲蟻防治工程完工報告書》