

第四章 臺中刑務所典獄官官舍木料檢測及結構檢測報告

第一節 木料檢測報告

「臺中刑務所典獄官官舍」為日治時期明治 36 年(西元 1903 年)臺灣總督府將臺中監獄遷建於西區現址後，陸續興建建物之一，屬木造一層一戶之高等官舍，屋面屬寄棟造型式，由洋式接待空間(以下簡稱洋館)與和式起居空間(以下簡稱和館)並存的住宅型態，目前大致保存完整。本調查進行官舍和、洋館的屋架層及室內空間木構件現況檢測，以明瞭木構件危害因子及發生原因，明究本官舍木構材現況提出修復建議。

一、基地環境

建築物基地周遭環境、微氣候皆可對使用木構建材造成劣化，如光照、溫度及相對濕度等，而環境中木材危害生物性因子如細菌、真菌及白蟻等可於適宜生長的環境對木材之破壞甚鉅¹¹²，因此瞭解建築基地周遭環境與微氣候，有助於瞭解木構建材劣化之原因。

本案刑務所典獄官官舍與浴場皆位於臺中市西區，根據中央氣象局的檢測站資料顯示，離本案最近之氣象局測站位於臺中市北區(經緯度 120°40' 33" E, 24°08' 51" N)，此測站於 1992-2010 年之資料顯示¹¹³，臺中市平均溫度為 23.3°C，平均相對濕度(Relative Humidity，簡稱 RH)為 75.6%【表 4-1-1】，相關研究¹¹⁴顯示，易造成生物性危害之木腐菌的生存環境約為溫度 20°C 以上、相對濕度 65%，而白蟻適合生存環境之溫度為 28-35，相對濕對 65-95%，由此可知臺中市環境之溫、濕度有利於微生物及白蟻等繁衍生長¹¹⁵。

【表 4-1-1】臺中市 1992-2010 年的氣象資料統計表

月份	氣象資料			
	月平均氣溫(°C)	月平均相對濕度(%)	月平均降雨量(mm)	平均降雨日數(天)
一月	16.6	74.6	30.3	6.6
二月	17.3	76.8	89.8	9.2
三月	19.6	76.6	103.0	11.2
四月	23.1	77.3	145.4	11.8
五月	26.0	77.1	231.5	12.2
六月	27.6	77.9	331.2	14.6
七月	28.6	75.6	307.9	12.8
八月	28.3	77.6	302.0	15.4
九月	27.4	75.8	164.5	9.2
十月	25.2	72.6	23.2	2.6
十一月	21.9	72.7	18.3	3.7
十二月	18.1	72.3	25.9	4.3
平均	23.3	75.6		
總計			1773	113.6

¹¹² 陳永龍、陳載永及吳志鴻 (2010) 淺談真菌降解木材機制與環境友善型木材防腐劑。中華林學季刊 43：181 - 189。

¹¹³ 中央氣象局網站資料：http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan_precp.htm

¹¹⁴ 張上鎮 (1995) 木質材料奈腐與耐白蟻處理。木質構造建築之結構與居住性研討會論文集 pp.141-173。

¹¹⁵ 張顯耀 (2006) 臺灣古蹟木構造建築暨週遭環境白蟻危害調查程序之研究。中原大學建築學系碩士論文 pp. 30-31。

另運用 Scheffer Climate Index 公式¹¹⁶評估環境中地上部木材可能發生腐朽之危險性(公式如下)，發現臺中市的 Climate Index 值達 105.69，位於高危險 (high) 之區間，表示臺中市的氣候易導致木材發生腐朽、劣化，對建材的保存具威脅與困難性。

$$\text{Climate Index} = \sum_{\text{Jan}}^{\text{Dec}} \frac{(T - 2)(D - 3)}{16.7}$$

<u>Climate Index</u> 代號說明			<u>腐朽危險區間</u>	
$\sum_{\text{Jan}}^{\text{Dec}}$	T 為月平均溫度(攝氏)	Climate ⇒	Low	≤ 35
	D 為 ≥ 0.25 mm 之月降雨日數(天)		Moderate	36-70

二、木質材料現況調查

木材為生物性之有機材料，若缺乏管理維護時，易因氣候、水分及各種生物因子的，嚴重者影響整體結構安全。本調查目的在瞭解木構件的材種及劣化損壞現況等，以作為後續修復設計參考。

(一) 木構建材種

材種鑑定方式分為現場外觀鑑別及實驗室顯微鏡鑑別，簡述如下：

現場外觀鑑別：調查人員於各空間現場選取可目視之木構件樣本，依照木材之外觀鑑別法之檢索表所使用之特徵，觀察木材的三切面、年輪、邊心材變化及木質線等，或佐以木肌觸感、氣味辨識等方式判定材種；再者，利用美工刀削出約 1 cm² 的新鮮木材切面，再以附光源的 10 倍放大鏡觀察比對特徵，如針葉材之春秋材移行、樹脂溝有無等；闊葉材則觀察導管孔大小與分佈形式、薄壁組織分佈與類型，以及木質線大小等。

1. 顯微鏡鑑別：切取 1 cm × 1 cm × 1 cm 的木材樣本，於實驗室以切片機切取厚度為 20μm 之橫切面、徑切面及弦切面等三個斷面之切片，加以染色、脫水及固定後，以顯微鏡觀察之，觀察木材組織中之管孔分佈、薄壁組織分佈、樹脂溝類型、木質線之排列與型式等，對照木材解剖圖鑑與相關文獻以確認材種。

本案取樣位置分別位於官舍之和館屋架層、室內空間及基礎，材種鑑定結果分別如表【表 4-1-1】及【表 4-1-2】，取樣位置如【圖 4-1-1】、【圖 4-1-2】及【圖 4-1-3】。結果說明多數構件如洋小屋架木構件陸樑及人字樑等、天花板及立柱等多使用耐蟻性佳及耐腐性強之杉木(*Cunninghamia lanceolata*)，而少數木構件如母屋、方丈及木基礎等使用的是尺寸安定性佳及材質堅韌之柳杉(*Cryptomeria japonica*)

¹¹⁶ Scheffer, T.C. (1971) A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. Forest Prod. Jour. 21(10):25-31.

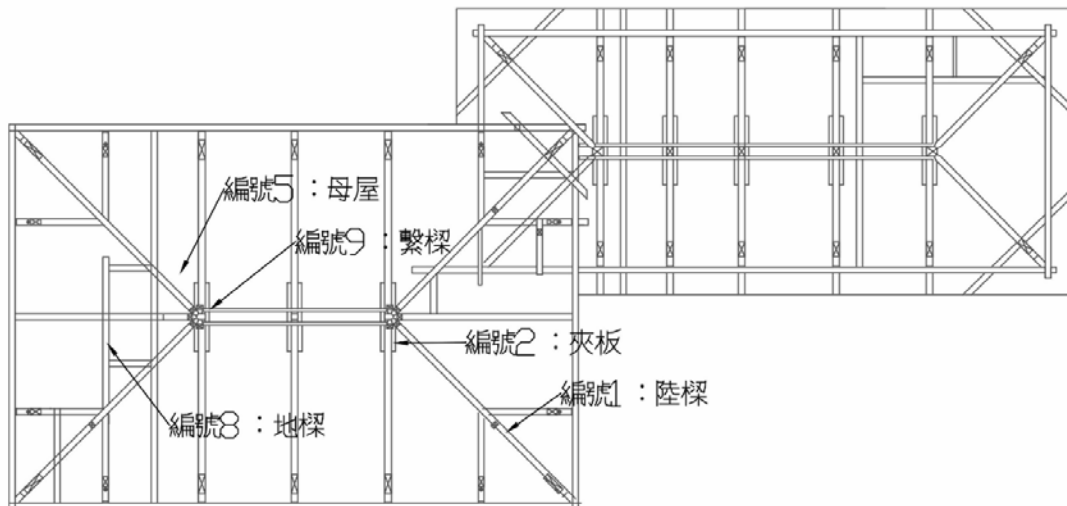
(L. f.) D. Don)。

本案經調查發現，和館木屋架層保留有上棟式地棟札，背面記載日期為日治時期大正四年(西元1915年)，說明本建築應興建時間。本案主要使用杉木及少量柳杉作為結構建材，非結構性材料如門窗多以更換為鋁門窗及鐵窗等現代材料，非木質材料。

杉木原產於中國，日治初期日人習慣於使用日本境內生產的日本杉(柳杉)，但因白蟻、潮氣等危害影響使用壽命甚鉅。後經大島正滿於1912開始¹¹⁷進行臺灣島內木材試驗，結論顯示福州杉的耐蟻性、結構性等相當優越，因此日治初期的木質材料選擇以杉木及柳杉為大宗，與本案用材原則相符。

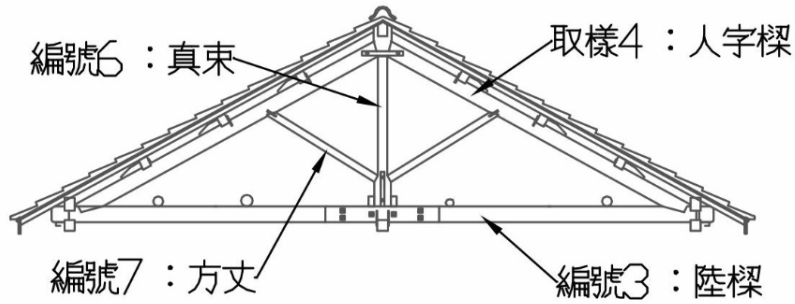
【表 4-1-1】刑務所典獄官官舍木構件材種取樣位置編號

位置	編號	構件名稱	木材種類
屋架層	1	陸樑	杉木
	2	夾板	杉木
	3	陸樑	杉木
	4	人字樑	杉木
	5	母屋	柳杉
	6	真束	柳杉
	7	方丈	杉木
	8	地樑	杉木
	9	繫樑	杉木
室內空間	10	立柱	杉木
	11	天花板	杉木
	12	木基礎	柳杉

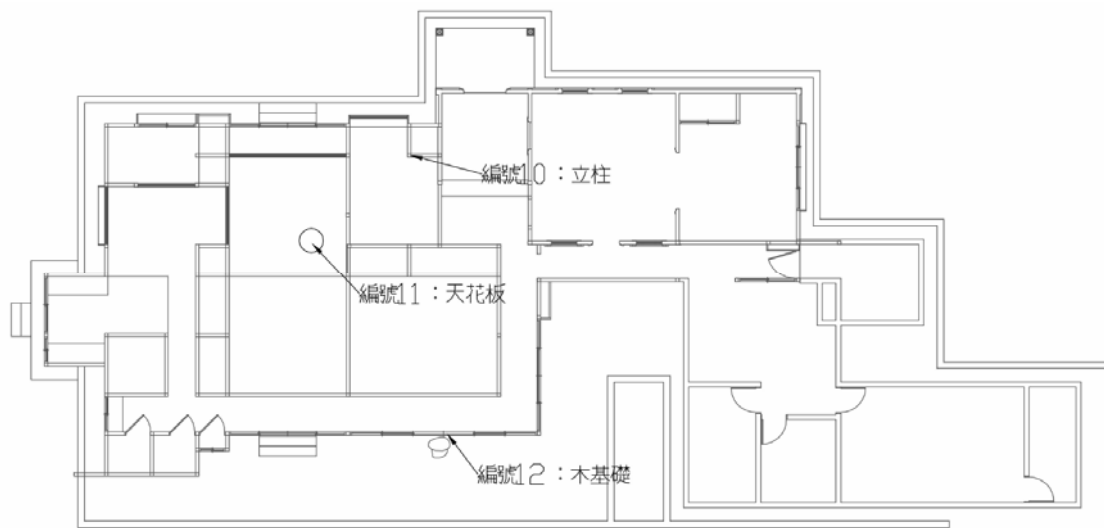


【圖 4-1-1】刑務所典獄官官舍屋架層木構件材種取樣位置圖(平面)

¹¹⁷大島正滿 (1914) 白蟻調查報告。木材ノ耐蟻性ニ關スル試驗報告 p116




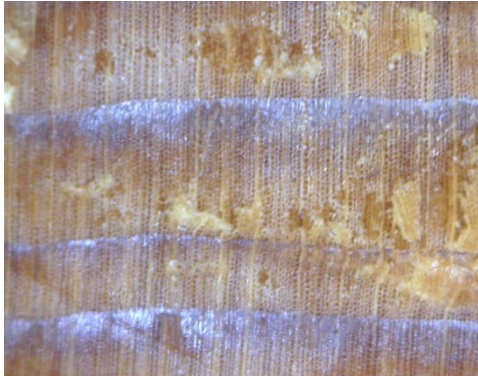
【圖 4-1-2】刑務所典獄官官舍屋架層木構件材種取樣位置圖(立面)



【圖 4-1-3】刑務所典獄官官舍室內空間木構件材種取樣位置圖

【表 4-1-2】刑務所典獄官官舍木構件材種鑑定表

取樣編號：3	構件名稱：陸樑	
橫切面	切片特徵	外觀特徵
	<p>邊心材明顯且秋材帶窄。 縱切面有針狀結晶物。</p>	<p>1.邊心材分明，心材為淡黃褐色，邊材為淡黃色。 2.早晚材移行緩慢。</p>
木構件材種：判定樹種為杉木，China fir，學名為 <i>Cunninghamia lanceolata</i>		

取樣編號：14	構件名稱：基礎	
橫切面	切片特徵	外觀特徵
	<p>縱向薄壁細胞多切線狀或散生排列。</p>	<p>1.邊心材區別明顯，且年輪明顯。 2.早晚材移行急變。</p>
<p>木構件材種：判定樹種為柳杉，學名 <i>Cryptomeria japonica</i> (L. f.) D. Don。</p>		

(一) 現況調查方法

1. 目視敲擊檢測

由專業訓練且具豐富木構件檢測經驗之檢測技術人員，以視覺與手部觸覺判斷建物與構件的外觀，如蟲孔、真菌子實體、白蟻蛀蝕、排遺、裂隙等劣化跡象；另使用木槌敲擊構件，由構件的回響與震動，藉以聽覺判斷損壞情形及可能受損範圍，或以金屬利器刺探構件，瞭解構件損壞程度與區域等為基本的調查方法。

1. 非破壞性儀器檢測

本案為進一步的瞭解木構件材質劣化之程度，輔以非破壞性檢測儀器，與目視敲擊結果相驗證，並計算數據說明木構件材質之損失情況及承載能力。使用儀器及項目說明如下：

1. 木材含水率計

係以木構件兩端向內 30 公分所測得之含水率加以平均代表該構件當時之含水率以百分比(%)表示。一般而言，臺灣地區木材含水率正常值為 15-17%。



【圖 4-1-4】電阻式木材含水率計

2. Sibertec-DmP 鑽孔阻抗儀：

利用配備(照片 2-1)的馬達驅動鑽針，(直徑 1~1.5 mm)，以 70~1000 mm/min 之速度鑽入木構件中，測得木構件對鑽針的阻抗強度，再透過連接的電腦對所獲得的阻抗圖譜加以分析，以判斷木構件損壞位置、估算危害斷面比率。



【圖 4-1-5】Sibertec-DmP 鑽孔阻抗儀

3. Termatrac 微波型白蟻偵測儀

是一種使用便利的白蟻偵測儀，利用微波的反射原理來偵測木材或其他介質內部白蟻的活動行為，當螢幕上桿狀的幅度越大，則表示內部白蟻活動程度越大



【圖 4-1-6】Ternatrac 微波型白蟻偵測儀

(二) 木質材料現況結果

典獄官官舍建築主要分為和館及洋館兩部分，木質材料主要為中柱式木屋架、母屋、室內軸組木柱、基礎與床組等構造。

本次調查發現檢測官舍的中柱式木屋架如陸樑、真束、人字樑、方丈等構件含水率約 11.2%~15.9% 區間【圖 4-1-8】，屬於臺灣平均氣乾含水率範圍內；因木材腐朽菌適宜生長之溫度為 25~30°C，最適宜生長之含水率在木材纖維飽和點以上(Fiber Saturated Point, 25~28%)¹¹⁸，因此本次調查發現官舍屋架層木構件發現，鮮少有腐朽菌危害之發生，調查顯示屋架層木構件危害以白蟻蛀蝕為主【圖 4-1-9】。



【圖 4-1-8】X2 架真束含水率為 14.9%



【圖 4-1-9】白蟻蛀蝕中脊構件

目視敲擊結果發現官舍木屋架構件全區多處有白蟻危害跡象，如母屋、軒桁、陸樑、人字樑、野

¹¹⁸ 李國忠、蔡明哲(2003) 內政部營建署金門國家公園管理處委託研究報告。金門傳統建築白蟻防治及維護。p80~81

地板及椽條等構件皆可發現白蟻蛀蝕蟻道及遮蔽管【圖 4-1-10、11】，根據其危害特徵與排遺，研判應為臺灣家白蟻(*Coptotermes formosanus* Shiraki)危害，危害程度較嚴重區域為和、洋館屋架搭接之位置，現已有發現白蟻副巢構築【圖 4-1-12、13】，且搭接位置棟架如 X7 架、Z5 架、Z8 架陸樑等構件皆有發現白蟻蛀蝕蟻道，敲擊結果判斷其白蟻蛀蝕嚴重，後續使用非破壞性儀器檢測陸梁構件蛀蝕範圍與深度，此外本次目視檢視屋架層木構件，尚未發現白蟻活體，研判屋架層木構件其白蟻危害威脅已減緩，後續應進行木材保存處理，降低木材遭白蟻蛀蝕危害機率。



【圖 4-1-10】X2 架真束上端白蟻蛀蝕



【圖 4-1-11】母屋開裂孔隙內發現白蟻蛀蝕蟻道



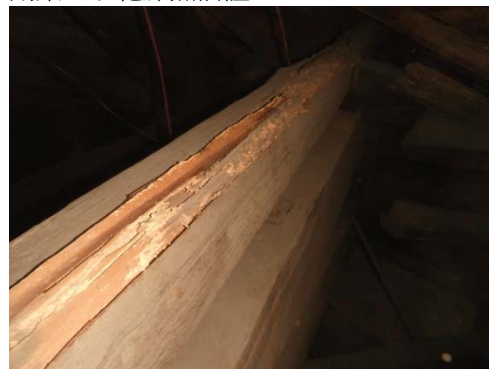
【圖 4-1-12】Y1 架人字樑搭街位置白蟻構築蟻道



【圖 4-1-13】和洋館搭接處陸梁構件發現白蟻副巢，以乾燥無活體。



【圖 4-1-14】X7 架陸梁目視結果顯示白蟻蛀蝕危害嚴重



【圖 4-1-15】Z8 架陸樑目視結果顯示白蟻蛀蝕危害嚴重

另外室內軸組木構件表面多有化妝面板材包覆，僅目視敲擊檢視構材劣化現況為主，目視結果發現於洋館室內如門窗搭接交界處與增建空間之母屋構材主要為白蟻蛀蝕危害為主，且已有構築白蟻副巢【圖 4-1-16】，並且發現大量活體活動跡象，顯示室內軸組木構件持續遭白蟻危害蛀蝕中；此外床組基礎等木構材，主要危害亦是已白蟻蛀蝕危害為主，研判其原因為犬走、床束束石等水泥基礎多有

裂隙，而官舍周圍環境有大量的綠敷地，為白蟻喜好的環境之一，因此白蟻根據其隨機取食的特性，可沿水泥基礎之裂隙構築遮蔽管，再向上延伸至床束等木構材【圖 4-1-17】，本次調查發現於洋館緣側床束基礎有白蟻活動跡象，建議應立即進行白蟻緊急防治處理工程，降低白蟻危害威脅機率。



【圖 4-1-16】洋館門框交接處白蟻構築副巢，檢視仍有活體持續危害



【圖 4-1-17】床束基礎發現白蟻沿犬走基礎裂隙構築遮蔽管入侵建築物

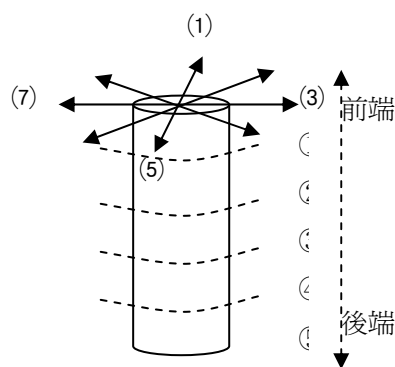
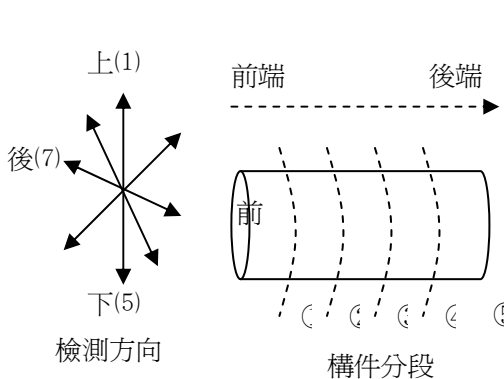
(一) 非破壞性儀器檢測結果

本次臺中刑務所典獄官官舍非破壞儀器檢測構件主要以經目視敲擊調查中，遭生物劣化造成構件中空、或判定有疑慮的木構件，進行鑽孔阻抗儀檢測。鑽孔阻抗檢測則以圖譜明瞭內部損壞位置與比率，再綜合現況調查結果，作為該木構件修復建議依據。

1. Sibertec-DmP 鑽孔阻抗儀

(1) 檢測方法

儀器檢測係對檢測試樣以分段及分點來進行，首先將木構件由前到後端均分為數段，標示實施檢測位置。如 3L/5 位置表示此構件分為 5 等份，檢測位置於第 3 段處。再於構件分段點的斷面以 45° 為單位分為 8 等份，順時針依序標號，測點 A 為(1)-(5)方向、測點 B 為(2)-(6)或(4)-(8)方向、測點 C 為(3)-(7)方向。水平構件及垂直構件構件分段與測點示意圖，如【圖 4-1-18】及【圖 4-1-19】。表【表 4-1-3】至【表 4-1-11】的鑽孔阻抗圖譜中，X 軸及 Y 軸分表示鑽孔距離(mm)及硬度。

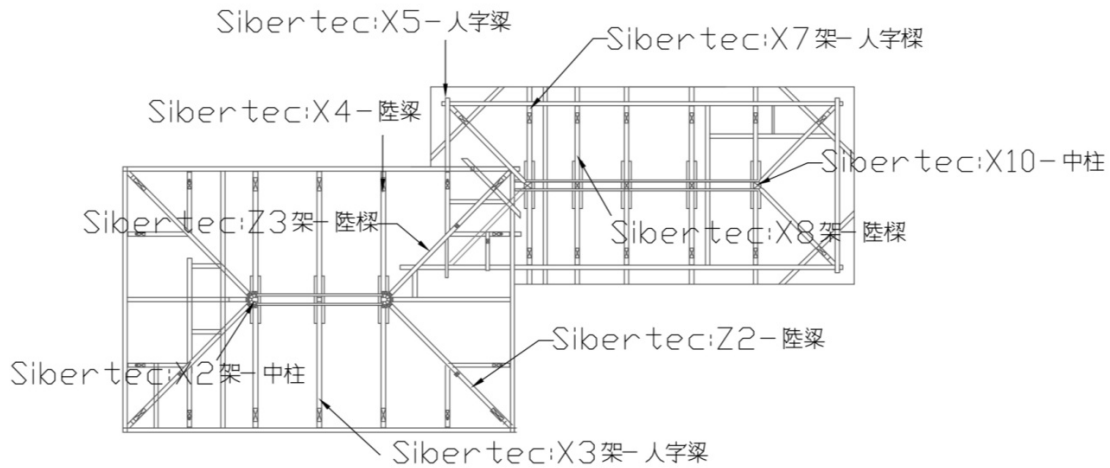


【圖 4-1-18】水平構件檢測分段與測點示意圖

【圖 4-1-19】垂直構件檢測分段與測點示意圖

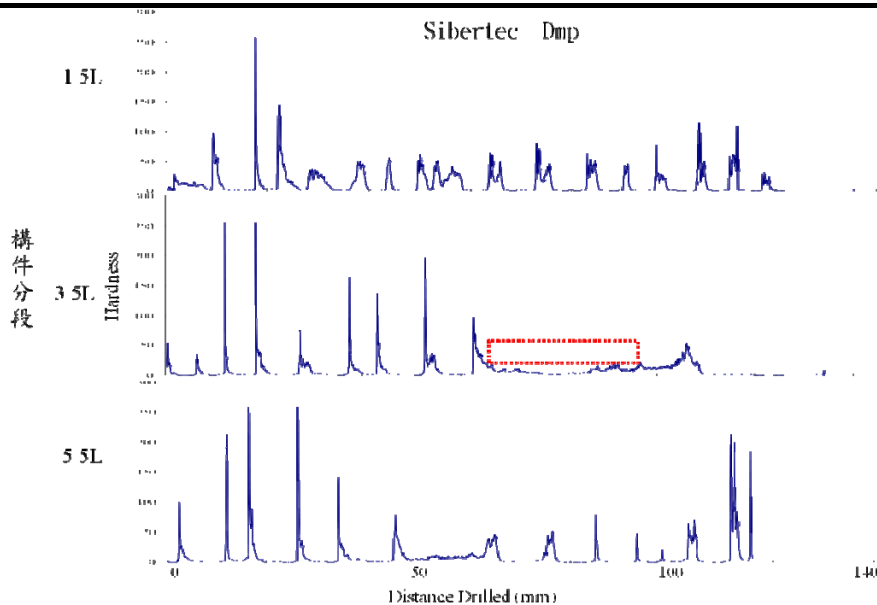
(2) 檢測結果

調查人員將木構件目視敲擊結果，發現有白蟻蛀蝕構件但未能明瞭實際內部危害程度的構件，輔以鑽孔阻抗儀進行檢測，如陸樑、人字樑及中柱等共計 9 支，構件編號及位置【圖 4-1-20】，結果如表【表 4-1-3】至【表 4-1-11】，並討論如後。整體而言，檢測木構件多數危害皆僅於表面，內部良好，仍可保留使用，僅有編號 X3-X7 棟架及 Z2-Z5 人字樑已遭白蟻危害嚴重，應須進行抽換。



【圖 4-1-20】刑務所典獄官官舍儀器檢測位置圖

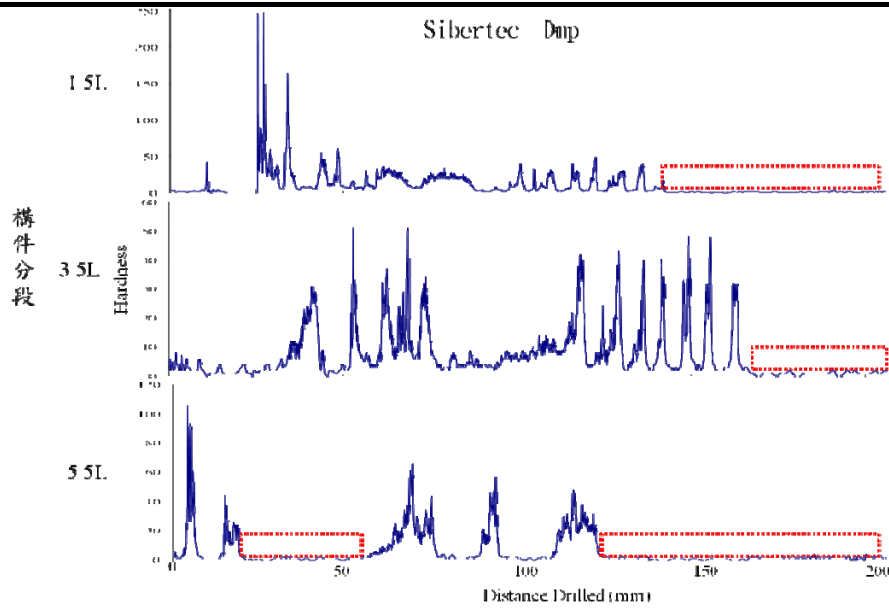
【表 4-1-3】典獄官官舍編號 X8 架陸樑 鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件現況良好，無明顯生物性劣化。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件中段內部抵抗力較低，研判此區為髓心周圍未成熟材，其結構較鬆散，機械性質較差。

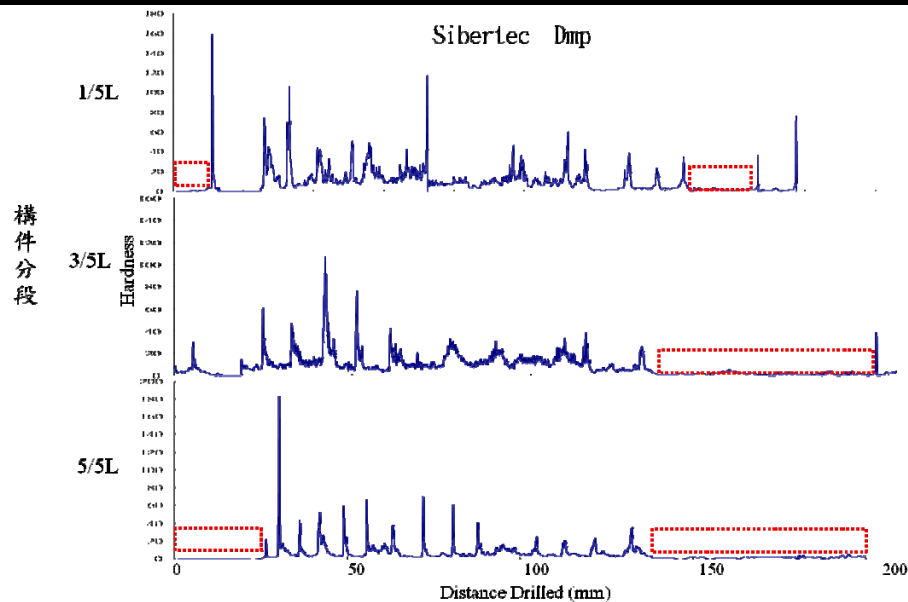
【表 4-1-4】典獄官官舍編號 X7 架-人字樑 鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與修復建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件已遭白蟻蛀蝕，且表面有遮蔽管。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件空洞比例約為 33%，構件表面已遭白蟻蛀蝕空洞，其鑽孔阻抗力偏低，建議應立即採取相關的防治措施，以防結構安全受到危害。

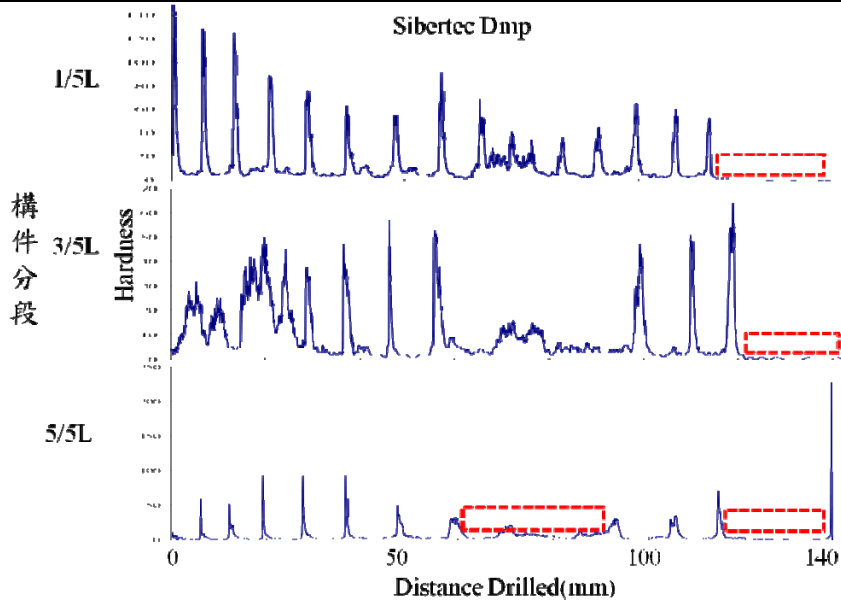
【表 4-1-5】典獄官官舍編號 Z3 架-陸樑 鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件遭表面已遭白蟻蛀蝕。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件空洞比例約為 28%，構件分段部又以 5/5L 處較為嚴重，其鑽孔阻抗力偏低，建議應立即採取相關的防治措施，以防止危害繼續擴大。

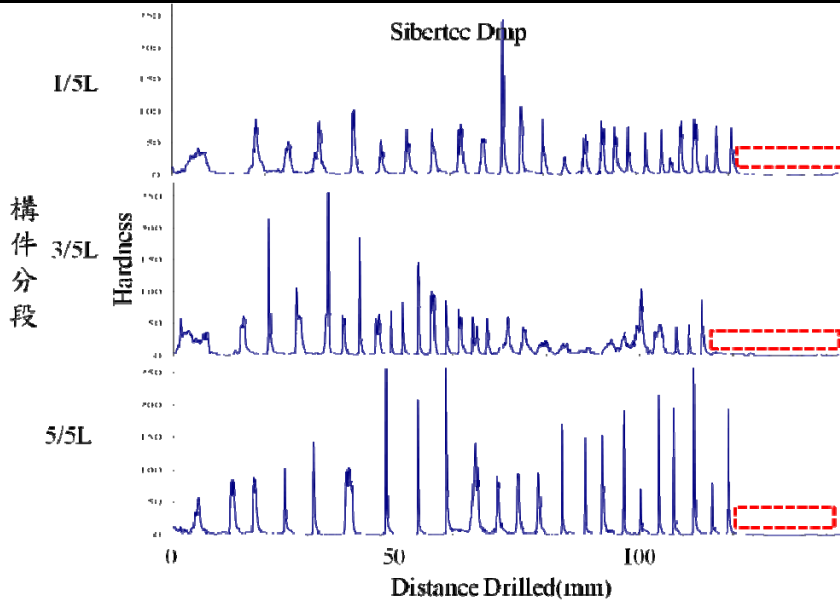
【表 4-1-6】典獄官官舍編號 X10-中柱 鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件表面有白蟻遮蔽管，且於 5/5L 處有些許開裂。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，本構件於 120-140mm 處抵抗力偏低，研判應為開裂所導致，而構件整體空洞比例約為 21%。

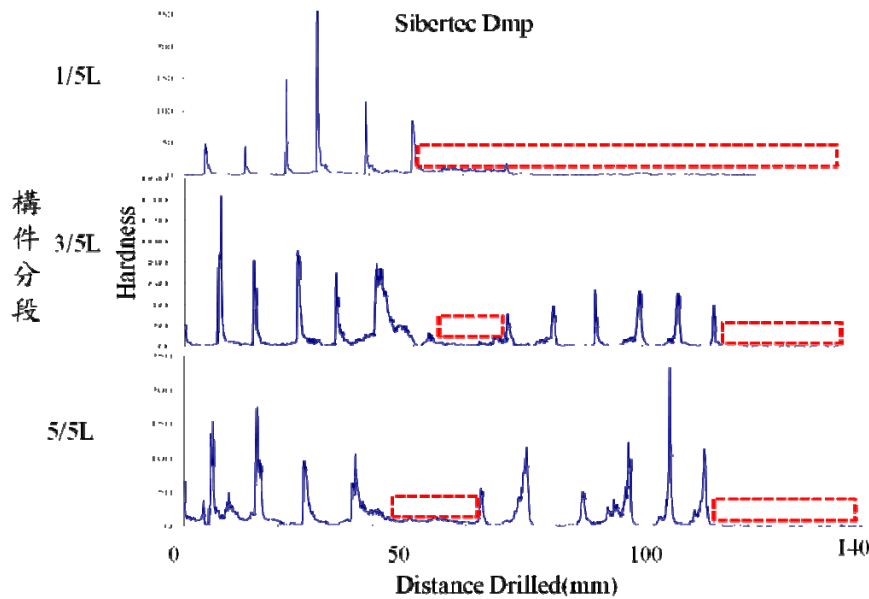
【表 4-1-7】典獄官官舍編號 Z2-陸梁鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件表面有白蟻遮蔽管。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件內部現況尚屬良好，只有表面有些為遭白蟻蛀蝕之空洞，應於日後管理維護時多加留意。

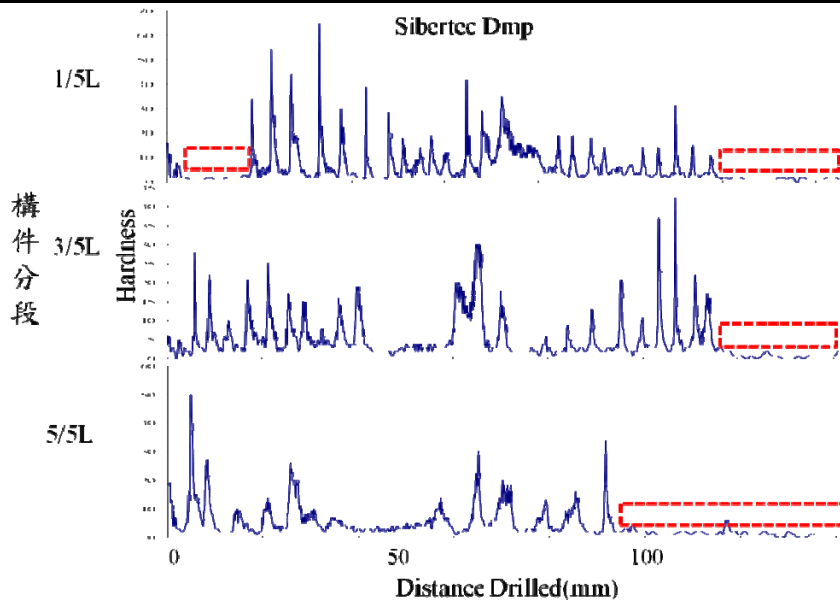
【表 4-1-8】典獄官官舍編號 X5-人字梁 鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件表面有白蟻蝕痕，且也具遮蔽管。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件空洞比例約為 35%，構件分段部又以 1/5L 處較為嚴重，其空洞比例較高，建議應立即採取相關的防治措施。

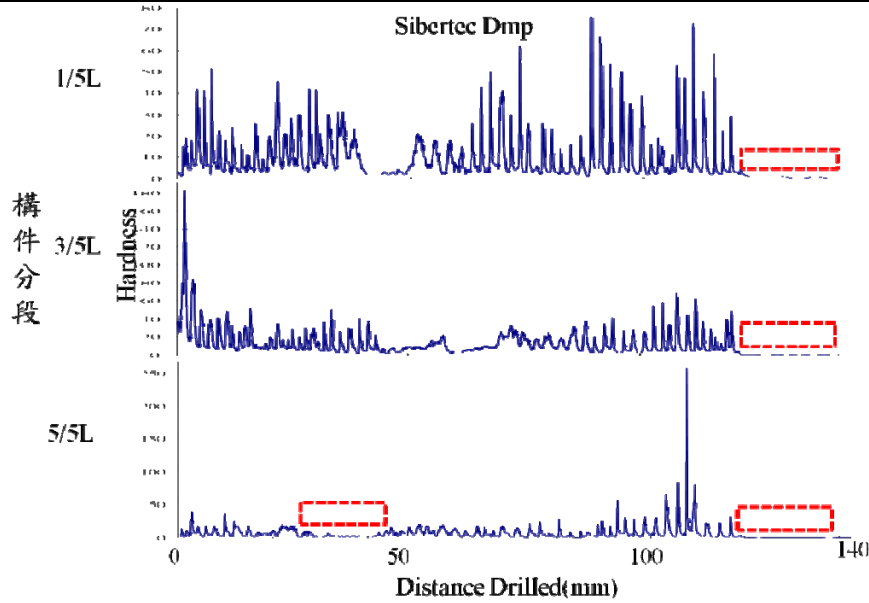
【表 4-1-9】典獄官官舍編號 X4-陸梁 鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件已遭白蟻蛀蝕。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件空洞比例約為 23%，但大多為表面蛀蝕，木材內部現況尚屬良好，應於日後管理維護時多加留意。

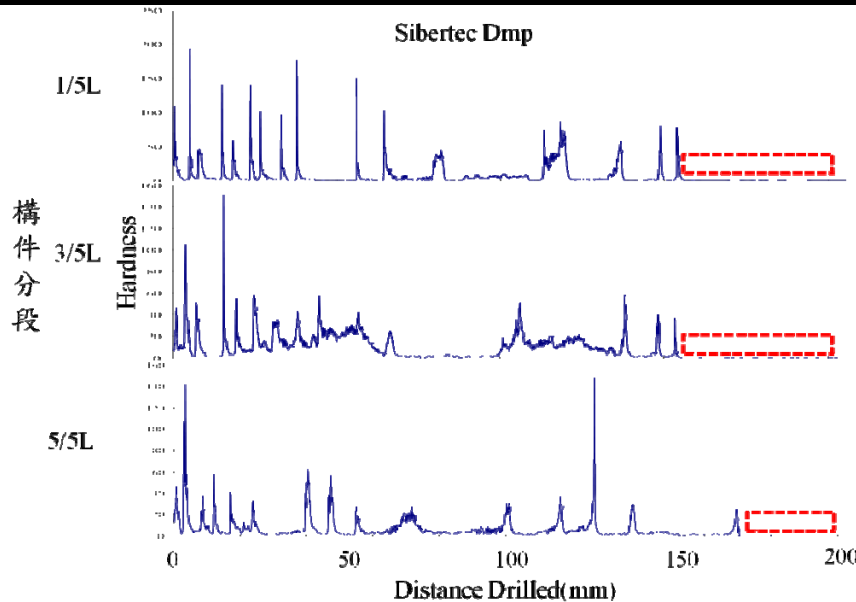
【表 4-1-10】典獄官官舍編號 X3 架-人字梁鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件表面有白蟻遮蔽管。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件表面有輕微的白蟻危害，空洞比例約為 19%，而木構件內部現況尚屬良好。

【表 4-1-11】典獄官官舍編號 X2 架-中柱 鑽孔阻抗圖譜



綜合評估與建議：

1. 本構件目視敲擊結果顯示構件已遭白蟻蛀蝕。
2. 由鑽孔阻抗之圖譜可得知，構件表面空洞比例約為 22%，而內部現況尚屬良好，應於日後進行表面的防蟲以處理，以防止危害繼續擴大。

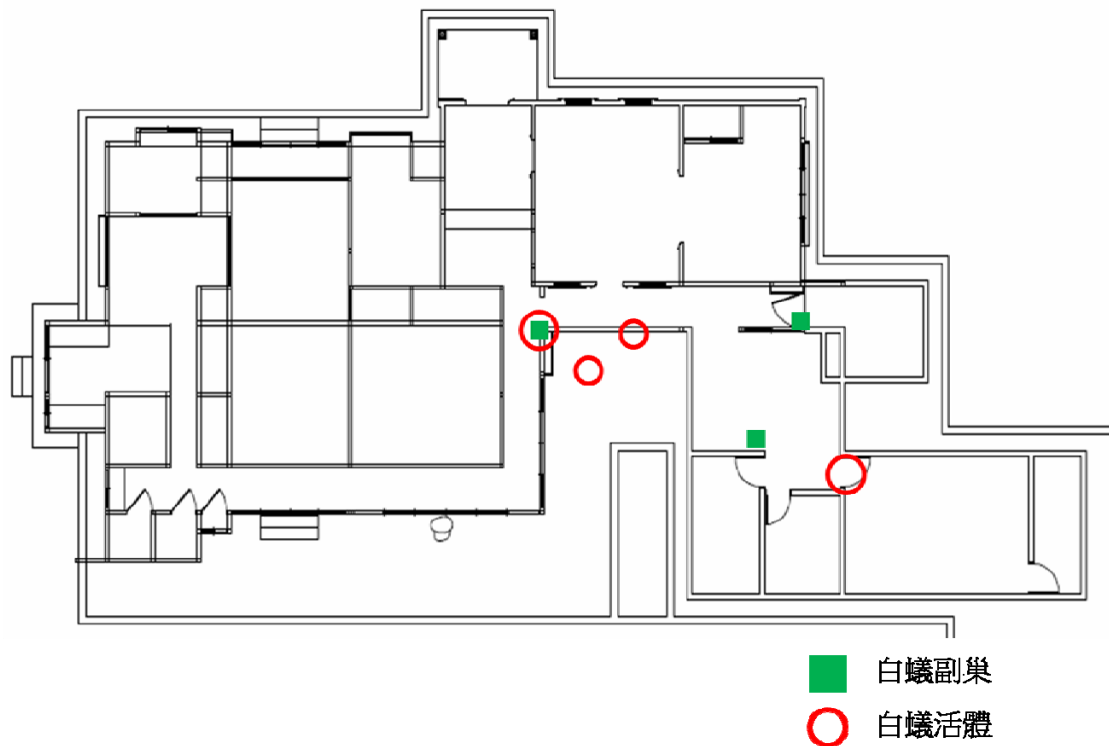
2. 白蟻危害調查

(1) Termatrac 微波型白蟻偵測儀

由於本建物木質構材主要危害為臺灣家白蟻，因此除目視敲擊基本檢測也應用 Termatrac 於白蟻危害處進行白蟻活動檢測。

(2) 檢測結果

調查人員以白蟻偵測儀於室內空間進行檢測，結果顯示玄關門框上方壁體有副巢及白蟻活體，加蓋建築體門框也偵測到白蟻活動及活體，此外庭院外側水泥地面也偵測到白蟻活動及與土壤接合處下方發現活體。標示本建物偵測到活體位置如【圖 4-1-21】。由於本次調查時間為 12 月，根據文獻指出白蟻分解纖維素速率於 16°C~28°C¹¹⁹，隨著溫度升高，期分解速率亦加快，而臺中市 12 月均溫為 18.1°C¹²⁰，白蟻活動分解速率較低，但本案仍能發現白蟻活體及活動跡象，顯示本建物白蟻危害仍持續進行中，如氣溫升高至 5、6 月時，臺中市月均溫提升至 25~26°C，研判其白蟻及分解速率增快，對於本案木構件現況保存造成威脅，建議應立即進行環境中白蟻防治處理，以減緩本案白蟻危害威脅。



【圖 4-1-21】刑務所典獄官官舍室內空間白蟻危害位置圖

¹¹⁹ 戴為愚(2002) 黃肢散白蟻及小象白蟻分解木材速率及其熱含量變化之研究 國立臺灣大學碩士論文

¹²⁰ 中央氣象局網站資料：http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan_precp.htm

五、小結與建議

調查結果顯示，臺中刑務所官舍木構建材的主要危害因子以白蟻危害為主，由於官舍右側庭院榕樹生長之氣根及根系造成官舍右側之屋頂、牆體及犬走等構造損壞，亦形成白蟻入侵之缺口，目前官舍無人使用，然周圍環境庭園亦有許多遊客造訪，考慮人員使用安全及建築物維護等，建議應進行環境整潔與白蟻緊急處理，有效防止木構建材危害或劣化。針對管理單位亦應給日常管理維護教育，提供木構建材保存基本知識，如常開門、窗，保持室內通風換氣，或進行室內除濕等。後續修復設計規劃則應考量新木料的選用與舊木料保存處理。