

# 古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法 之建立

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 96 年 12 月

PG9601-0579  
096301070000G1003

# 古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法 之建立

受委託者：中華民國建築學會

研究主持人：王松永

共同主持人：蔡明哲

研 究 員：林振榮

研 究 助 理：韓采容

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 96 年 12 月

## 目次

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 表次                  | III |
| 圖次                  | V   |
| 摘要                  | VII |
| 第一章 緒論              | 1   |
| 第一節 研究緣起與背景         | 1   |
| 第二節 研究目的            | 2   |
| 第二章 文獻回顧            | 5   |
| 第一節 木作之腐朽、蟻害診斷      | 5   |
| 第二節 白蟻誘捕相關文獻        | 18  |
| 第三章 古蹟及歷史建築白蟻誘捕試驗   | 21  |
| 第一節 實驗材料            | 24  |
| 第二節 實驗方法            | 26  |
| 第三節 實驗結果與討論         | 31  |
| 第四章 古蹟及歷史建築防腐防蟲蟻之研究 | 51  |
| 第一節 建研所四年來的研究架構及說明  | 51  |
| 第五章 結論與建議           | 55  |
| 第一節 結論              | 55  |
| 第二節 建議              | 56  |
| 附錄一 期初報告審查意見        | 57  |
| 附錄二 期中報告審查意見        | 59  |

|              |    |
|--------------|----|
| 附錄三 期末報告審查意見 | 61 |
|--------------|----|

|      |    |
|------|----|
| 參考書目 | 65 |
|------|----|

## 表次

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 表 1-1 木材劣化的種類、原因與結果 . . . . .              | 1  |
| 表 2-1 Delmhorst RDM-2S 含水率計儀器規格表 . . . . . | 7  |
| 表 2-2 木料內之超音波速 . . . . .                   | 11 |
| 表 3-1 白蟻誘捕餌站更換與補充數量 . . . . .              | 32 |
| 表 3-2 案例 1 地下型餌站誘捕白蟻紀錄表 . . . . .          | 33 |
| 表 3-3 餌站 SM-01、SM-02 及 SM-03 白蟻數量變化表 .     | 34 |
| 表 3-4 餌站 SM-01、SM-02 及 SM-03 兵蟻比例變化表 .     | 35 |
| 表 3-5 餌站 SM-14 白蟻數量及兵蟻比例變化表 . . . . .      | 36 |
| 表 3-6 餌站 SM-21、SM-25 及 SM-49 白蟻數量變化表 .     | 38 |
| 表 3-7 餌站 SM-21、SM-25 及 SM-49 兵蟻比例變化表 .     | 39 |
| 表 3-8 餌站 SM-11 及 SM-12 白蟻數量變化表 . . . . .   | 40 |
| 表 3-9 餌站 SM-11 及 SM-12 兵蟻比例變化表 . . . . .   | 41 |
| 表 3-10 第一年度回測偵測木與餌劑之使用量 . . . . .          | 46 |
| 表 3-11 第一年度白蟻數量變化表(單位：隻) . . . . .         | 47 |
| 表 3-12 第一年度兵蟻比例變化表(單位：%) . . . . .         | 47 |



## 圖次

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 圖 2-1 Delmhorst RDM-2S 含水率計 . . . . .        | 7  |
| 圖 2-2 高周波式含水率計測定木構件之含水率 . . . . .            | 8  |
| 圖 2-3 Pilodyn 可定量性推估表面腐朽木料之殘留強度              | 9  |
| 圖 2-4 超音波可應用於新木構件之應力分等與舊料之損<br>壞評估 . . . . . | 10 |
| 圖 2-5 木料內之超音波傳播路徑 . . . . .                  | 11 |
| 圖 2-6 發信與受信感應器間有腐朽部時之傳播路徑                    | 12 |
| 圖 2-7 腐朽長比之定義 . . . . .                      | 13 |
| 圖 2-8 TERMATRAC 白蟻偵測儀 . . . . .              | 17 |
| 圖 2-9 AE 白蟻偵測儀 . . . . .                     | 17 |
| 圖 3-1 地上型白蟻誘捕裝置之設置與檢查 . . . . .              | 22 |
| 圖 3-2 地下型白蟻誘捕裝置之設置與檢查 . . . . .              | 23 |
| 圖 3-3 地下型白蟻餌站 . . . . .                      | 24 |
| 圖 3-4 地上型白蟻餌站 . . . . .                      | 25 |
| 圖 3-5 案例 1 地下型餌站配置圖 . . . . .                | 31 |
| 圖 3-6 餌站 SM-01、SM-02 及 SM-03 白蟻數量變化圖         | 34 |
| 圖 3-7 餌站 SM-01、SM-02 及 SM-03 兵蟻比例變化圖         | 35 |
| 圖 3-8 餌站 SM-14 白蟻數量變化圖 . . . . .             | 36 |
| 圖 3-9 餌站 SM-14 兵蟻比例變化圖 . . . . .             | 37 |
| 圖 3-10 餌站 SM-21、SM-25 及 SM-49 白蟻數量變化圖        | 38 |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 圖 3-11 餌站 SM-21、SM-25 及 SM-49 兵蟻比例變化表                          | 39 |
| 圖 3-12 餌站 SM-11 及 SM-12 白蟻數量變化圖                                | 40 |
| 圖 3-13 餌站 11 號及 12 號兵蟻比例變化圖                                    | 41 |
| 圖 3-14 案例 2 地上型與地下型餌站埋設位置圖                                     | 43 |
| 圖 3-15 電源室建築內部附壁白蟻築巢                                           | 44 |
| 圖 3-16 地上型餌站遭受白蟻侵襲                                             | 44 |
| 圖 3-17 遭受白蟻侵襲的地上型餌站換成染色紙捲                                      | 44 |
| 圖 3-18 地下型餌站遭受白蟻侵襲                                             | 44 |
| 圖 3-19 對活捉白蟻進行染色                                               | 44 |
| 圖 3-20 染色後的白蟻                                                  | 44 |
| 圖 3-21 7 月 13 日發現被染色的白蟻                                        | 45 |
| 圖 3-22 針對圖 3-21 之處以 AE 白蟻偵測儀偵測，指數為 (45.36)，代表白蟻活動量中等           | 45 |
| 圖 3-23 針對圖 3-21 之處以 Termatrac 偵測，指數為 1.5 格(共 3.5 格)，代表白蟻活動量中等  | 45 |
| 圖 3-24 針對圖 3-18 之處以 Termatrac 偵測，指數約為 1 格(共 3.5 格)，代表白蟻活動量小至中等 | 45 |
| 圖 3-25 案例 3 白蟻數量變化圖                                            | 48 |
| 圖 3-26 案例 3 兵蟻比例變化圖                                            | 48 |

## 摘要

關鍵詞：古蹟建築、白蟻、誘餌

### 一、研究緣起

生物劣化是國內古蹟與歷史建築大木構架常見的劣化種類，近年來木構架尤其受白蟻之侵害而產生腐蝕之情況最為嚴重。建研所已針對使用白蟻偵測儀器調查木作破壞以及白蟻防治工法進行過研究，但是白蟻危害調查與鑑定之驗證以及後續白蟻防治工法成效之爭議，始終困擾木構造古蹟之修復。國內已有使用 AE(Acoustic Emission)白蟻偵測儀與微波(Microwave)白蟻偵測儀進行幾處古蹟現場調查白蟻蝕害之實務。然而以上述 AE 白蟻偵測儀與微波白蟻偵測儀進行白蟻蝕害之調查時，無法就白蟻危害的分布範圍、族群大小，進行驗證，另，於古蹟修復完成後，白蟻防治成效評估亦無所適從，透過本研究實際誘捕，能進行驗證。本研究擬建立古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法，總結建研所五年古蹟科技計畫有關「保存環境技術」研究成果，於 96 年底辦理完成。目的是做為未來古蹟與歷史建築白蟻危害調查與鑑定，以及白蟻防治成效評估之重要參據。

### 二、研究方法及過程

收集國內外有關於白蟻誘捕之相關文獻，規劃擇三處木構造古蹟與歷史建築，利用白蟻誘捕裝置，分為地上型與地下型，適當配置於木構造古蹟與歷史建築以誘捕白蟻。將誘捕之白蟻以染色技術進行追蹤，調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍、族群大小，並使用 AE 白蟻偵測儀與微波白蟻偵測儀進行交互驗證。透過白蟻誘捕方法之建立，並探討不同白蟻防治工法成效驗收之準則。

### 三、重要發現

1. 地上型白蟻誘捕餌站與地下型白蟻誘捕餌站能成功誘捕到白蟻。
2. 餌劑系統的成效除了需要由回測檢視來達成外，裝設地點的建築物格局、環境特質與微氣候等因素對地下型餌木的更換率與誘捕率具

有相當的影響。

3. 降雨量較高時易造成部分地點的地下型餌站淹水，導致餌站內取食的白蟻溺死、暫時離開或改變覓食路徑，而需較長的時間之後再回到餌站內取食。
4. 案例 1 地下型白蟻誘捕餌站自裝設完成後，有 9 處餌站成功誘捕到白蟻，依其誘捕到的種類可分為家白蟻及黑翅土白蟻兩種。
5. 案例 2 發現 1 處地上型餌站與 3 處地下型餌站誘捕到白蟻，白蟻種類均為家白蟻。為了解地上型與地下型白蟻的分布與相關性，於是進行地上型餌站換成染色紙捲與捕捉到白蟻的染色，結果在 3 處地下型餌站亦誘捕到染色的白蟻，說明案例 2 應遭同一族群白蟻之侵襲。唯，捕獲之染色白蟻數量少，難以估計族群之大小。
6. 案例 3 自 95 年 9 月陸續進行第一年度回測檢測，結果有多數餌站陸續受到白蟻攝食，誘捕白蟻數量在 30~100 隻，遭攝食餌站位於建物左側及後側，此一結果顯示案例 3 仍持續有白蟻為害之虞，但由於案例 3 建物所在地之土壤質地為黏質土壤之故，致使對於白蟻族群消滅的判讀上有困難。

#### 四、主要建議事項

##### 建議一

白蟻誘捕後染色技術可作白蟻防治工法之準則：立即可行建議

主辦機關：文建會

協辦機關：相關學校及研究單位

台灣因為環境多濕多雨，要維護木結構古蹟及歷史建築殊為不易，而劣化種類中生物劣化（約佔九成）是國內古蹟及歷史建築木作中最常見的劣化種類，也就是木構架受微生物與蟲蟻之侵害而產生腐蝕之情況最為嚴重，因此生物危害調查與防治刻不容緩，運用適當的防腐防蟲工法保存木構造古蹟及歷史建築為當前急迫的課題。除此之外，古蹟修復完成後，白蟻防治成效評估亦無所適從，針對上述，建議主管機關在未來進行古蹟建築大木構造白蟻防治成效評估時，依照本研究中之白蟻誘捕裝置以及白蟻誘捕後染色技

術調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍、族群大小，並當作白蟻防治工法成效驗收之準則之一，確保古蹟建築木作修復之品質。

## 建議二

建議未來可開授白蟻誘捕工法實務課程：中長期建議

主辦機關：文建會

協辦機關：內政部建研所

針對白蟻誘捕裝置以及白蟻誘捕後染色技術調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍、族群大小，進行加強訓練，且建議針對古蹟及歷史建築修復設計者開授相關實務課程，嚴格把關後合格者予以認證，確保古蹟建築木作修復之品質。另，持續追白蟻誘捕工法之成效。

## **ABSTRACT**

Keywords: Historical buildings, Termite, Bait

The traditional wooden structure is the most important construction of listed historical buildings in Taiwan. Wood, as a biomaterial, could be easily deteriorated by microorganism and insects (especially termites) under a humid climate in Taiwan. In the past, the termite attack in the listed historical building in Taiwan was investigated by visual method, AE-based termite detector, and microwave-based termite detector. However, the attacked areas, the termite population, and current termite activity were still unknown by above-mentioned methods before and after restoration of listed historical buildings. The objectives of this study are to establish the investigation method for termite attack with termite baits in listed historical building in Taiwan. The results of this study might provide methods for investigation of termite attack before and after restoration of listed historical buildings in Taiwan.

## 第一章 緒 論

### 第一節 研究緣起與背景

木材是可再生的生物材料，且具有許多優良的居住特性，自古以來一直為人類所喜愛而大量選用為建築材料，也由於台灣地區盛產木材，所以以前較傳統的建築中結構體具木構造者就佔有相當之比例，隨著時光的推演，有不少具有歷史、文化價值之木構造古建築物、傳統聚落、古市街及其他歷史文化遺蹟等等就成了今日的歷史建築，為台灣地區增加了不少文化資產。

國內木結構古蹟及歷史建築約佔六成以上，然而木材是生物性的有機材料，其主要成分纖維素、半纖維素、木質素係由碳、氫、氧三元素所構成之有機高分子，當由木材營造之建築物使用於本省高溫多濕的環境時，易受生物性的環境因子（如：真菌、蟲蟻等）與非生物性的環境因子（如：降雨、火等）的影響而產生生物劣化、吸水吸濕劣化、天候劣化、應力劣化及人為燃燒劣化等(表 1-1)，足見在台灣要維護木結構古蹟及歷史建築殊為不易。

**表 1-1 木材劣化的種類、原因與結果**

| 木材劣化的種類 | 劣化的原因                                      | 劣化的結果                                     |
|---------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 生物劣化    | 木材腐朽菌、黴菌類與蟲蟻等之寄生                           | 腐蝕                                        |
| 吸水吸濕劣化  | 木材因含水率變化引起收縮或膨脹                            | 反翹、變形或割裂                                  |
| 天候劣化    | 木材受紫外線、風砂雨水之打擊與熱、濕氣、氧氣之綜合作用，在木材內部引起物理及化學變化 | 木材組成分改變，並使木構件漸次發生硬脆、摩耗之現象，外觀受損，龜裂、變形等隨之發生 |
| 應力劣化    | 乾燥應力                                       | 木口割裂、表面割裂、內部割裂                            |
| 人為燃燒劣化  | 火源                                         | 燒損、燒毀                                     |

資料來源：本研究自製

## 古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法之建立

上述劣化種類中生物劣化（約佔九成）是國內古蹟及歷史建築木作中最常見的劣化種類，也就是木構架受微生物與蟲蟻之侵害而產生腐蝕之情況最為嚴重。腐朽蛀蝕除了減短木構造古蹟及歷史建築的使用壽命外，更對其結構安全性造成很大的影響。然而，目前之古蹟修復過程之調查檢測工作一項多偏重建築之人文及歷史研究，因而提出之修復對策相當粗略，對木構件之遭受蟲蟻侵蝕評估來說，一般均只記錄其損壞，而很少進一步探討其原因、侵蝕範圍及白蟻族群大小，造成在設計階段時，蟲蟻防治過度設計或設計不足，過多的蟲蟻防治藥劑或過少之防護措施均可能造成文化資產的損害；對於木構造古蹟修復完成後，蟲蟻防治成果之驗收亦只憑目視檢測及仰賴經驗判斷，無可依循之定量準則及缺乏科學之根據。這種過程，一方面造成白蟻危害鑑定方式、蟲蟻防治設計上有失客觀，而另一方面在古蹟修復完成後蟲蟻防治成果驗收時亦常有爭議，不僅造成資源浪費，更使許多古蹟在修復後無法客觀驗收，無法將歷史證物作有效的保存。

針對於此以及為達保存古蹟及歷史建築木構造之目的，建研所已針對木作防腐防蟲工法適切性、使用木料之基本資料庫、木作危害環境分級之基本資料庫、CNS14495 中新型防腐藥劑之耐腐試驗、防腐防蟲蟻處理對大木構材物理與力學性質之影響、古蹟木構造防腐及蟲蟻防治設計參考手冊等，進行過研究。國內亦有以目視、敲擊、探針、含水率計、AE 白蟻偵測儀與微波白蟻偵測儀進行白蟻蝕害之調查，然而以上述 AE 白蟻偵測儀與微波白蟻偵測儀進行白蟻蝕害之調查時，無法就白蟻危害的分布範圍、族群大小，進行驗證，另，於古蹟修復完成後，白蟻防治成效評估亦無所適從，透過本研究實際誘捕，能進行驗證。本案擬建立古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法，總結建研所五年古蹟科技計畫有關「保存環境技術」研究成果，於 96 年底辦理完成。目的是做為未來古蹟與歷史建築白蟻危害調查與鑑定，以及白蟻防治成效評估之重要參據。

## 第二節 研究目的

本研究目的歸納如下：

- (1) 收集與分析國外白蟻誘捕相關文獻。

- (2) 究明利用白蟻誘捕裝置以及白蟻誘捕後染色技術調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍、族群大小之可行性，後續並探討白蟻防治工法成效驗收之準則。
- (3) 究明使用白蟻偵測儀器進行調查結果與白蟻防治工法成效驗證之可行性。
- (4) 在研究完成後，專章完整彙整及說明建研所前四年的研究架構及說明。

## 古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法之建立

## 第二章 文獻回顧

### 第一節 木作之腐朽、蟻害診斷

#### 2-1-1 木作之腐朽、蟻害診斷之意義

腐朽或白蟻為害等生物所引起木材之劣化，是在被害會發生之環境條件具備時，即會急速進行。因此，預先對其發生或程度加以預測是不容易的。另外，其不限於會從部材之表面進行劣化，反而腐朽或白蟻之食害是在內部發生者較多，只從外面觀察不能判定者會較多。確實的劣化診斷不僅是安全性之維持，使耐久信賴度提高亦是重要的。

#### 2-1-2 木作之腐朽、蟻害診斷之優先程序

在時間與經費之限制下，對於全部部材進行詳細檢查是不容易。現實上均會作成優先順位進行檢查。其順位大概如次述：(1)構造上重要部材之地降部、接水部，(2)水平構造部材（梁或桁架）之橫向接合處或縱向接合處，(3)水平構造部材（梁或桁架）之上部與橫切面（端面）（尤其在上面發生乾裂時需注意），(4) 垂直構造部材之橫向接合處與頭部。

#### 2-1-3 木作之腐朽、蟻害之現場診斷

一般木質建築之劣化診斷，實際上蟲害與腐朽之診斷是同時進行，在此先將重點放在腐朽。

在建築物外周之目視調查之要點：

##### 1.構造之劣化徵兆：

牆壁、柱之鬆弛或變位、屋頂屋架組之變形、簷之下垂、外牆之龜裂（生物劣化所引起，亦可說有誘起生物劣化之徵兆）。

##### 2.生物劣化之徵兆：

- (1) 柱等木質部之變色（白色或褐色）、發霉或腐朽
- (2) 濕潤狀態→腐朽正進行中，有可能發生
- (3) 縱橫之細紋割裂→腐朽後期

- (4) 在割裂處塞滿泥土→白蟻
- (5) 在木質部有多數直徑 1.2mm 之穴孔→蠹蟲
- (6) 在基礎或地板柱石有蟻道→白蟻
- (7) 最近是否看過成群有翅白蟻飛過，有翅白蟻之翅落下，或附著→白蟻
- (8) 木材內部是否有空洞化→白蟻
- (9) 外牆成為綠色→藻類
- (10) 附著土塊→蜂類

#### 2-1-4 使用儀器進行木作之腐朽、蟻害診斷（二次診斷）

##### （A）含水率計

含水率計並非檢測出其劣化本身，而是可獲得次述資訊：(1)含水率可成為表示劣化危險性之指標，(2)腐朽等之劣化部等因有漏水等情形，所以很快會成高含水率。可說是極為重要儀器。劣化診斷可使用攜帶型之電氣式含水率計，具體有直流電阻式含水率計與高周波式含水率計兩種。

電阻式含水率計（Delmhorst RDM-2S）其原理為利用各種不同素材之間的電導特性和水量成份之間的關係來尋求素材之含水率。電導計有 2 到 4 個金屬探針或釘，其作用為插入建築材料中，藉由電極之間的電傳導來讀取含水率成分。假如水分含量偏高的話則電傳導率將增加，因此會有較高的水分含量讀值。電傳導率反應水分含量，本儀器包括類比(針指標)數字化的(文字數字指標)顯示，利用液晶(LCD)或者發光二極體技術來顯示數字化讀值，木材材種會影響電傳率數值，該含水率計的樹種被預設為花旗松，含水率計儀器規格與現況圖如表 2-1 與圖 2-1 所示。

表 2-1 Delmhorst RDM-2S 含水率計儀器規格表

| 規格       | Delmhorst RDM-2S                                    |
|----------|-----------------------------------------------------|
| 量測方法     | 探針式                                                 |
| 預設值      | 70 °F、花旗松、2 探針電極                                    |
| 適用性      | 內建 33 種樹種(0-100 相關之比例)                              |
| 量測範圍     | 4.5 %-60 % (依樹種不同)，70 °F                            |
| 量測精度     | 0.1%                                                |
| 操作溫度     | 30 °F-120 °F(0 °C-50 °C)                            |
| 溫度補整     | -20 °F-260 °F(-28 °C-126 °C)                        |
| 顯示器      | LCD                                                 |
| 電力來源     | 1-9 伏特鎳鎘電池、鹼性電池                                     |
| 尺寸、重量    | 4 (W) ×2 1/4 (D) ×7 1/2 (H) in                      |
| 重量       | 14 oz                                               |
| 26-ES 探針 | 滑動鐵鎚裝置一個 10"鋼手柄以及#496 絕緣釘<br>(3/16"，最大釘入深度為 1-1/8") |

資料來源：參照 Delmhorst RDM-2S 儀器說明書



**圖 2-1 Delmhorst RDM-2S 含水率計**

資料來源：本研究自製

高周波式含水率計其原理為利用木材誘電率(絕乾狀態為 2~3)會隨含水率增加而增大(水之誘電率為 81)之特性。其特徵：(1) 不會傷害到木材表面，至纖維飽和點(F.S.P.，約 30%)以上之高含水率為止均能測定。(2) 不會受溫度之影響。(3) 比起電阻式含水率可測得較深層之含水率。(4) 受比重之影響較大，因此必須加以補正。實際在使用時，因依儀器有其特異性，各個之使

用儀器對於各材種先進行校正是必要的。



**圖 2-2 高周波式含水率計測定木構件之含水率**

**資料來源：本研究自製**

#### (B) Pilodyn

Pilodyn(圖 2-3)亦可說是螺絲起子穿刺試驗之定量化的儀器，為特定廠商之商品名，但此名稱已廣範普及，所以就直接被使用。此儀器是將金屬棒(直徑 3mm，長度 4cm)以一定衝擊力打入木材中，進入木材中之深度會以數字表示。即強度較健全者打入深度會較小，劣化使強度減低時，打入深度會變大。此儀器是將劣化部分之殘留強度可簡便的加以測定，其定量性亦高。

市售品之最大打入深度為 4cm，針葉樹等密度較低材料，表層部之殘留強度是可探測出。但在節部分是無法使用。在針葉樹之中，年輪寬較寬，早材與晚材之密度差較大者，依取材或打入位置之不同，其所得數值會分散。

但對於有些木材，只在最表層為健全，內部則完全被腐朽，或被白蟻危害之情形。此時在表面金屬棒之侵入會停止，所以內部劣化是無法檢測出。

Pilodyn 之可攜性、堅牢性、迅速性等很優良，但在梁等作業較困難處，僅對於目視、觸診、含水率測定等被判斷有懷疑處，再實施 Pilodyn

之檢測。

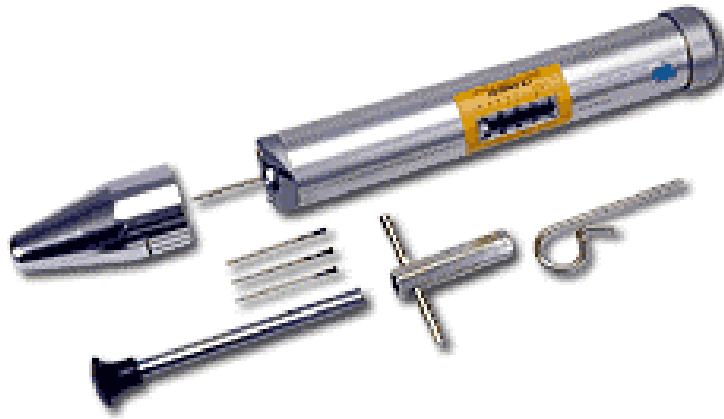


**圖 2-3 Pilodyn可定量性推估表面腐朽木料之殘留強度**

資料來源：參照 Pilodyn 使用說明書

(C) 超音波傳播速度

此係利用音波傳播速度會與材料之彈性模數或強度相關特性之非破壞檢測儀器。檢測時，將儀器之發信器與受信器挾住木材(材料)之相對位置即可，如圖 2-4 所示，在發信器組裝有壓電素子，當其受到電壓時，則會發生機械振動，在木材內會轉變超音波進入。另外，受信器亦組裝有壓電素子，其會將在木材內之機械振動轉換成電氣信號。超音波裝置本體是被內藏在外套(cloak)內，可將超音波之發振與受信為止之時間(即在木材之超音波傳播時間)加以測定。由傳播時間與傳播距離可換算成傳播速度。再由超音波速度可計算木材(材料)之彈性模數。一般木材發生腐朽、白蟻危害時，其傳播速度會變慢，以其方法可檢測在傳播路徑上之強度劣化。假如沒有乾裂等之影響時，可得到很高定量性之資料。

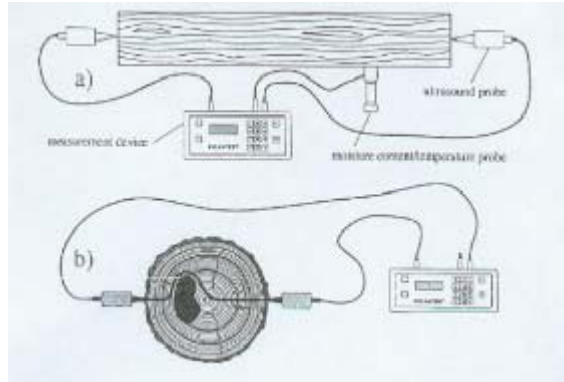


**圖 2-4 超音波可應用於新木構件之應力分等與舊料之損壞評估**

資料來源：參照 Sylvatest 超音波儀使用說明書

白蟻危害一般會沿著年輪成圓周方向擴張情形較多，因此在半徑方向傳播時，則白蟻食害之徵兆可很敏感的掌握之。

但眾所周知，金屬材料是使用 10MHz 左右之超音波，但其有直進性，其反射路徑等亦可以藉由幾何學進行計算。而木材與金屬相比較時，則因其非常的不均一性，所測定位置不同時，在相同長度其傳播時間亦會不同。另外，因其音波能量衰減較大，因此指向性較佳之高頻率超音波被認為是不適用。雖如此，依傳播特性能加以明確之結果，其應用性亦相當良好。

超音波傳播速度會受木材之含水率、取材方式、在傳播方向橫斷之割裂等的影響。在此先就取材方式進行說明。

就圖 2-5 所示，在木料內之超音波在橫向傳播路徑，可看出其超音波速是徑向(通過樹心、髓心、與年輪成垂直方向)為最快，而弦向(與年輪成切線方向)會較慢，在木料內之超音波傳播速度如表 2-2 所示。

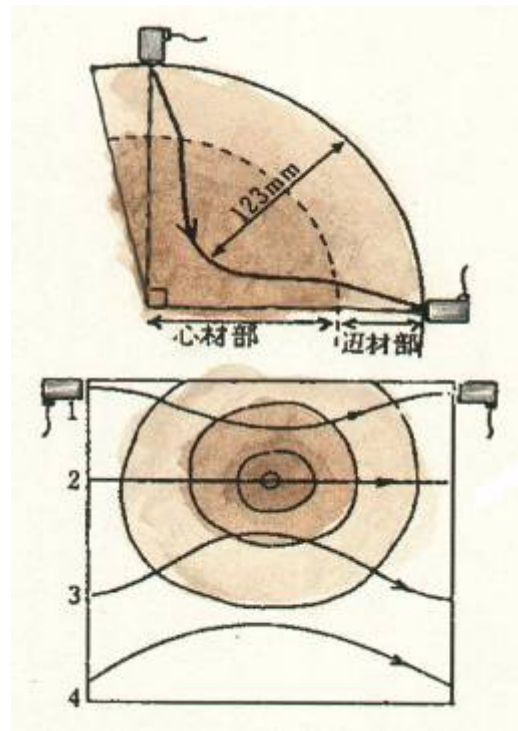


圖 2-5 木料內之超音波傳播路徑

資料來源：參照 Sylvatest 超音波儀使用說明書

表 2-2 木料內之超音波速

| 測定部位 | 弦向超音波速 (m/s) | 徑向超音波速 (m/s) |
|------|--------------|--------------|
| 邊材部  | 900-1000     | 1400-1500    |
| 心材部  | 850-950      | 1700-1800    |

資料來源：本研究自製

即在木料內，超音波信號會以最快傳播者被檢測出來，因此我們所檢測得到的傳播時間是經由上述路徑進行傳播者，即在木料內之超音波傳播並非是最短距離的路徑，而是採取最短時間路徑(金屬或塑膠材料時兩者是相同)為其特徵。

而一般木料(或梁柱)均以邊材較容易被腐朽，或白蟻危害，當木料之邊材部分發生腐朽時，其傳播路徑會如圖 2-6 所示，此路徑比起直徑傳播，(1)距離會較長，(2)距離較長部分(腐朽部)超音波衰減會較大，其結果傳播時間

會非常長。所以可以圖 2-7 表示，將腐朽長比(H)定義為腐朽部之傳播時間與健全部直徑之傳播比，即  $H(\%) = (f/d) \times 100$ 。如對於木料直徑進行 8 次測定，期能求各直徑之腐朽長比，如所測出值為直徑傳播時間之 90% 左右時，在該象限內是無腐朽，如在 150% 以上時，則有腐朽。日本木造住宅之老朽度診斷技術以及木製遊具設計施工之手冊均推薦採用超音波進行診斷。並提出腐朽部之傳播時間達到健全部之 1.8 倍以上時，該部材(構材)須進行抽換。

測定時，如同一構材很明顯之健全部會存在之情形，首先測定健全處之傳播時間，其次測定劣化懷疑處之傳播時間，再以其比率(即腐朽長比)表示為最適當的使用方法。



圖 2-6 發信與受信感應器間有腐朽部時之傳播路徑

資料來源：參照 Sylvatest 超音波儀使用說明書

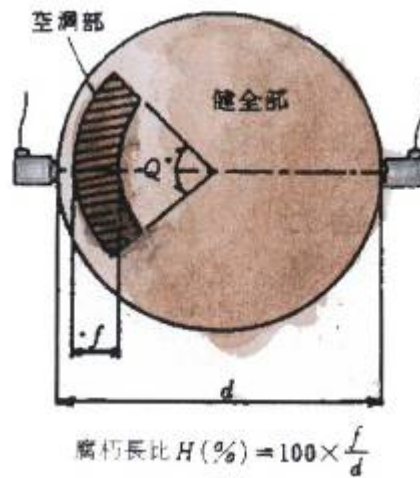


圖 2-7 腐朽長比之定義

資料來源：參照 Sylvatest 超音波儀使用說明書

#### 2-1-5 食害與排出物之鑑定

白蟻在排出物不掉落之情形，喜好食害早（春）材部，而殘留下晚（秋）材之傾向，在木材斷面與橫切面會表現出年輪之殘留同心圓狀，在徑切面形成線狀，在弦切面形成薄板會重疊之食痕。木材之割裂與接合處，混凝土之間會以蟻土阻塞，在表面構築蟻道。

##### (1) 家白蟻

其會加害乾燥木材，在食痕內部是乾淨，空洞部周邊是不會塞滿排出物。

##### (2) 大和白蟻

通常在濕潤木材較多，食痕內部是不乾淨，但在乾燥木材則會與家白蟻類似的乾淨。在食害部空洞之周邊到處會塞滿排出物之傾向較強。

#### 2-1-6 白蟻向建物之侵入方法

##### (A) 經由蟻道之侵入

在野外之切株、杭木、枯木、立木等築巢之大和白蟻與家白蟻會伸長蟻道，而擴大加害範圍。蟻道是通常在地下 30~40cm 附近通過，有障害物時會成水平彎曲。另外在裂隙，或混凝土之角落部位時，即會向上方擴張，但其

喜歡侵入狹的間隙或裂隙。對於從木材所產生化學物質之反應是從相當近距離才發生，但腐朽菌與木材所形成水溶性之誘引物質會敏感的反應，沿著此流動痕跡向上方向擴張其蟻道。在水平面之場合，蟻道通常是會不規則的構築，但當接觸木材時，則其會以此木材為食害中心，蟻道會成放射狀形成是一般狀態。既使在壁面之場合，蟻道會成直角的經由面在水平，或垂直伸長之場合為一般性。只要是沒有裂隙的話，其幾乎是不會向傾斜的移動。

#### (B) 有翅白蟻之群飛後之築巢場所

大和白蟻與家白蟻是在群飛後成對之雌雄白蟻，首先會選擇濕潤場所成為築巢場所，其後會向濕度、溫度，餌之量之安定場所移動，因此在建物之周邊之切株、柱、枯木、生立木之腐朽部等之有無，在建物有濕潤木材之水周圍，或會結露部分，乾燥不良場所等是為危險場所。生立木是在楊樹等之行道樹，樟樹之大木心材部等容易被築巢。有翅白蟻是向電燈集中之家白蟻，在路燈，門燈，亮的窗戶附近等之上述條件的場所需要特別注意。

#### 大和白蟻

##### 1.向建物之侵入：

##### (1)基礎或束石表面之蟻道：

從屋外之切株、木柱、立木腐朽部等之築巢部，經由地中，延長其蟻道，在基礎或束石等之表面建立蟻道向建物侵入。蟻道通常會在基礎內側構築，但在多濕場所在北面外側亦會被構築。基礎高度一般愈低，侵入之機會愈多，另外在地板愈潮濕之場合愈危險。木材腐朽時水溶性之誘引物質會被形成。其流經痕跡很容易成為侵入徑路。

##### (2)侵入後：

大和白蟻因會在 33℃ 以上時與共生原生動物死滅，所以梅雨季節結束之高溫乾燥時期，其會向建物內部或下部，木材之內部等溫度不會上升之部分移動。另外，族群大至某程度時，在食物之代謝，水分之確保下，在像構造材之乾燥木材亦會生存、加害。

##### (3)有翅蟲之侵入：

在白天會群飛，接觸濕潤木材時會潛入間隙或裂隙，進行最初之築巢，既使在建物之場合，有濕潤木材部分會被築巢之可能性。

2.容易被害之部分：

建築物之場合，浴室、流理台、洗臉所等水之周邊部分，地檻、柱、斜撐等下側部位較易潮濕部分，漏雨或漏水，結露等潮濕部分，膠泥牆壁內部一旦潮濕時，即不易乾燥部分等較容易被害。在梅雨等多濕期間會廣範圍的被害，但侵入後像構造材之乾燥木材亦會繼續的被害。

3.行動範圍：

至今為止所調查之大和白蟻的行動範圍是  $51.5\text{m}^2$ ， $100\text{m}^2$  以上。而美國產之大和白蟻屬會達  $2361\text{m}^2$ ，最長  $71\text{m}$ 。

家白蟻

1.向建物之侵入：

(1)基礎或束石表面之蟻道：

侵入方法幾乎是與大和白蟻相同，但從一處侵入時，向上方向之蟻道構築會以相當快速的進行。

(2)侵入後：

其會搬運水使濕潤而加害，因此被害會遍及建物整體。

(3)有翅蟲之侵入：

有翅蟲因會向電燈集中，因此會由路燈、門燈、明亮窗戶等侵入，在潮濕木質材之部分築巢的可能性較高。在路燈附近之楊樹等有腐朽部之生立木或杭木，電燈之浴室或廚房等是極為危險，成對後之有翅蟲是喜好潛松之切株或枯木之樹皮下。

2.容易被害之場所：

經由取水蟻道，有搬運水之能力，所以被害會遍及建物整體。

3.行動範圍：

其行動範圍被記錄為以族群為中心會達  $100\text{m}$  以上，及  $0.57\text{ha}$  範圍（圓之半徑  $43\text{m}$ ）。

### 2-1-7 國內白蟻危害調查

國內白蟻危害調查原則以『非破壞性調查』為主，採用的方法有下列數種方法。

(A) **環境調查**：由周邊環境來判斷遭受白蟻危害的危險機率之高低。

(B) **目視法**：是古蹟木構件檢測方法中最基本、最常用也是最簡易的方法。以肉眼觀察木構件的外觀，從木構件的外表所透露出的種種訊息，再憑藉豐富的經驗，如古蹟木構架的特性、損壞跡象（水漬、蟻道）、與白蟻生活習性（食物源、環境溫濕度等）的綜合判斷，才能獲得較真實的證據。

(C) **敲擊法**：在各種非破壞檢測古蹟大木構件的方法中，以傳統的敲擊法判斷木構件損壞的依據最為重要。用經驗值輔以目視觀察與敲擊法來判斷木構件材質的損壞程度。

(D) **TERMATRAC 白蟻偵測儀**：原理類似於雷達的技術且在澳洲普遍的被使用，Termatrac 偵測木材、熟石膏板、磚、石裡面的白蟻，對於建築材料以及白蟻活動完全都沒有產生擾動。不用鑽探或者是用穿刺的方式進行偵測，Termatrac 可以偵測到白蟻的訊號，這套儀器為一般害蟲專業人士所喜愛。Termatrac，簡單來說，發出訊號進入需搜尋的材料，如果這些信號因為白蟻活動被打斷，液晶顯示幕將提醒你注意這項訊號。Termatrac 傳遞這項訊息給操作者，他們能瞬間準確測定白蟻的位置（圖 2-8）。

(E) **AE 白蟻偵測儀**（圖 2-9）：原理乃利用各種害蟲（如：白蟻）於求偶、移動、啃食、時所發出之聲響，以超音波感應探棒，找尋及定位害蟲所在之位置。以感應探棒，接觸或插入待測區域（如土壤，樹幹、木材板面、樑柱、傢俱...等），再配合 AED-2000 主機連接耳機，找尋及定位並記錄。記錄之訊號，可以儲存並傳輸至電腦，以便作進一步的分析及判讀。手握式設計，全套設備皆安置於堅固的 ABS 氣密箱內，採電池供電、精巧方便、操作使用簡單。極為適合野外或各類現場使用。

(F) **捕捉法**：發現活體蟲蟻時，用實驗專用的昆蟲吸取器捕捉，採集活體昆蟲做進一步的鑑定。



**圖 2-8 TERMATRAC 白蟻偵測儀 (微波原理)**

資料來源：參照 TERMATRAC 使用說明書



**圖 2-9 AE 白蟻偵測儀**

資料來源：參照 AE 使用說明書

---

檢測位置：

- 1、在遭受白蟻蛀蝕危害的木構件位置旁；
- 2、蟻道兩側；
- 3、敲擊法檢測時，出現空洞聲的木構件。

## 第二節 白蟻誘捕相關文獻

Su(1994)與美國道禮(Dow)公司共同研發蟻巢滅系統，在此是指滅蟻能蟻巢滅白蟻防治系統(Sentricon Colony Elimination System)的簡稱，此防治系統是目前業界較為人知的系統之一，系統主要分成「地上型餌站」與「地下型餌站」兩種。分別安裝於室內或室外適當的地點，地上型餌站安裝於室內或建築結構上發現白蟻活動的路徑上，地下型餌站則選擇適當地點埋於地面下，安裝好之後地上型餌站置入紙卷(已含有藥劑)、地下型餌站置入白楊木(偵測木)，三個月內每隔 1~2 週的時間持續地觀察，一旦發現足夠數量(>40 隻，數量越大效果越好)的白蟻時，即將偵測木換成餌劑，地上型餌站的紙卷與地下型餌站的餌劑都含有有效成分(Active Ingredient) 為「六伏隆」(hexaflumuron)的「昆蟲生長調節劑」，白蟻取食含有藥劑的餌食之後，藉由社會行為的交哺行為(trophallaxis)與舔舐行為(grooming)將藥劑逐漸散播至整個族群，六伏隆作用機制為抑制昆蟲幾丁質合成，干擾正常蛻皮過程，使白蟻無法正常蛻皮導致萎縮死亡。昆蟲吃下六伏隆後，六伏隆會抑制幾丁質合成酵素，阻止昆蟲脫皮之前形成新的表皮。在昆蟲脫去表皮外層之前，酵素消化掉舊的表皮，但是新的表皮薄、軟弱，白蟻無法完全脫去表皮而黏附在舊表皮，而牠下面新表皮無法支撐其身體，或保留水份不消失的功能。一段時間後，處理六伏隆的白蟻巢卵的數目快速減少。劑量並不影響六伏隆的效果，六伏隆藥效的快慢與劑量無關。一隻白蟻無論消耗多少六伏隆，藥效要到白蟻脫皮時才會表現出來。這種特殊的特性可以防止白蟻死在餌劑上或靠近餌劑的地方，以免造成白蟻的拒食而降低藥效。白蟻脫皮將受到足量的六伏隆或其他幾丁質合成抑制劑的影響。較年輕的白蟻比較老的白蟻的生長速度快及脫皮次數多，因此幼齡白蟻從放餌劑的巢中最先消失。相反的老的工蟻脫皮次數少而兵蟻全然不脫皮，因此可以解釋為何在施放六伏隆餌劑後，在白蟻巢經常發現兵蟻和老工蟻，在實驗室中六伏隆在六星期可以殺死一族群白蟻。白蟻幼蟲有 4~10 齡，也就是成長到成蟲階段要脫皮 4~10 次，而平均是 7 次，在正常的白蟻巢，工蟻壽命可達 4~6 年。昆蟲的代謝功能長受環境溫度的影響，因此在寒冷天氣下，白蟻取食量及食物消耗量均減少，同時成長的速度，脫皮次數及繁殖的數量也減少。因此在冬天使用蟻巢滅白蟻巢消滅系統，會花比較長的時間才能消滅白蟻巢；相反的在溫暖時，白蟻取食量，食物消耗量

及脫皮次數增加，因此縮短白蟻巢消滅時間，如果情況相當理想，時間只要數週。

白蟻誘捕系統(Bating System)，為新開發白蟻消除或控制、監視的方式，誘捕法大致出現於 90 年代的構思，主要經由誘捕(Trapping)、施藥(Chemical Treatment)、釋放(Release)三個步驟來進行，其原理是使用昆蟲生長調節劑(Insect Growth Regulator)餵食白蟻，再藉由白蟻的交哺行為(trophallaxis)、互相清潔(Grooming)並利用標記費洛蒙(Marking Pheromone)引導其他工蟻前往餌站取食，最終使取食生長調節劑的工蟻無法正常蛻皮而死亡，達到消滅蟻巢的目的。其優點是可以有效針對出現的白蟻進行施藥，以極少量的藥劑達到控制或消滅白蟻族群的效果，同時可降低工作人員、環境與空間使用者的潛在危害，有助於提升環保品質。地上型白蟻誘捕系統利用安置在木構件表面或遮蔽管上之餌站，引誘白蟻進入攝食，並藉由互相餵哺而達到消滅整個蟻巢的功效。

Susan and Jones(1991)指出，使用誘捕系統進行防治白蟻時，主要會遭遇到的問題就是時間，白蟻到餌站(地下型)常常花費一段的時間，為找出是否餌站設置的位置會影響白蟻取食餌站偵測木的可能性。田間測試比較兩種不同的餌站設置位置的方式，一種是標準的放置方式，即間隔 3-4.5 公尺的距離設置一個餌站，另一種則是在室內與戶外有白蟻活動以及有利白蟻活動濕度較高的地區，結果發現 選定地點放置的餌站，白蟻取食機率(70/374)明顯高於標準放置的餌站(35/372)，但是統計上不顯著。這顯示餌站設置位置是個重要的因素。白蟻初次攝食餌站平均日數，選定地點的餌站比標準設置的餌站早 38 日。因此，本研究結果顯示選擇地點設置是地下型餌站很重要的考慮因素之一。

Evans et al. (1999) 以一種產於澳洲熱帶地區營塚的白蟻(*Coptotermes acinaciformis* (Froggatt))為材料，利用標誌再捕法(Mark-recapture)與直接計算法(Direct counts)來計算不同白蟻族群的個體數，再將兩種方法所得到的結果比較並做討論。標誌再捕法的估算結果，根據再捕獲的定義(染色強度)在同一個族群內或是不同族群間(0.4-19.1 百萬隻)與直接計算的結果(1.2-1.6 百萬隻)，差異可達到 10 倍或以上。作者歸納原因，認為這可能是因為白蟻是社會性昆蟲，有明顯的社會階級分工現象，所標誌的工蟻並非與族群所有其他

未標誌的個體均勻混合，反而這些覓食工蟻多集中在覓食點，對於不同成熟度的工蟻與兵蟻間再捕獲的機率也有很大的差異。另一個原因是白蟻的特殊行為—同類相食(cannibalism)，這個行為讓染色劑(Nile blue)無法長久存在於原本被染色的工蟻體內，而是會藉著這種行為使染劑產生轉移，這些原因都是標誌再捕法估算結果產生很大差異的原因，這些原因使得利用標誌再捕法常太過高估或低估，無法精確估算白蟻族群。

Swoboda (2004)的研究指出，影響地棲型白蟻取食的環境和行為因子有以下幾點：(1)聚集取食(Cluster feeding)、(2)營養成分(Nutrient compounds)、(3)誘引物(Attractants)、(4)費洛蒙(Pheromones)、(5)地表植被種類(Foraging activity and vegetative cover)、(6)基質環境溫度(Substrate temperature)、(7)土壤水分(Soil moisture content)與(8)基質環境構造(Substrate composition)等。經過實際實驗後，找出幾點可能用以改善市面上常用的誘捕系統效率，包括可應用地棲性白蟻較容易偵測到置於地面上食源的現象(稱為 Thermal shadow)，來縮短白蟻找到餌站的時間，添加某些濃度的糖類(如 d(-)Fructose, d(-)Galactose)或是尿酸(Uric acid)可以降低白蟻中途離開餌站的可能性，因而可提高白蟻攝取餌劑的量，加速抑制白蟻族群，雖然添加糖類可顯著增加白蟻食量，實驗結果卻發現這些糖類和尿酸並非真正的取食刺激物(phagostimulants)。此外也由實驗結果找出某些材質(例如 wood thermoplastic)可顯著增加白蟻的覓食強度(Foraging activity)，而有些塑膠材質(如 PVC)卻是對白蟻有忌避性的，而這些特點都可用以增進現有餌劑誘捕系統的表現。

### 第三章 古蹟及歷史建築白蟻誘捕試驗

本研究擇三處木構造古蹟與歷史建築，利用白蟻誘捕裝置，分為地上型(實驗步驟如圖 3-1 所示)與地下型(實驗步驟如圖 3-2 所示)，適當配置於木構造古蹟與歷史建築之地上部與地下部以誘捕白蟻。將誘捕之白蟻以染色技術進行追蹤，調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍、族群大小，並使用 AE 白蟻偵測儀與微波白蟻偵測儀進行交互驗證。透過白蟻誘捕方法之建立，並探討不同白蟻防治工法成效驗收之準則。



步驟 1 噴灑適量蒸餾水潤溼紙捲



步驟 2 固定地上型餌站



步驟 3 地上型餌站裝設完成



步驟 4 蟻道上貼地上型餌站



步驟 5 定期檢查餌站



步驟 6 利用儀器偵測地上型餌站

**圖 3-1 地上型白蟻誘捕裝置之設置與檢查**

資料來源：本研究自製



步驟 1 每三公尺設一個餌站



步驟 2 鑽孔



步驟 3 設置完成的餌站



步驟 4 白蟻取食餌站內之偵測木材



步驟 5 染色取食偵測木材的白蟻倒入地下型餌劑



步驟 6 利用儀器偵測地下型餌站

### 圖 3-2 地下型白蟻誘捕裝置之設置與檢查

資料來源：本研究自製

#### 第一節 實驗材料

##### 3-1-1 地下型白蟻餌站

(1)、材料組件圖片

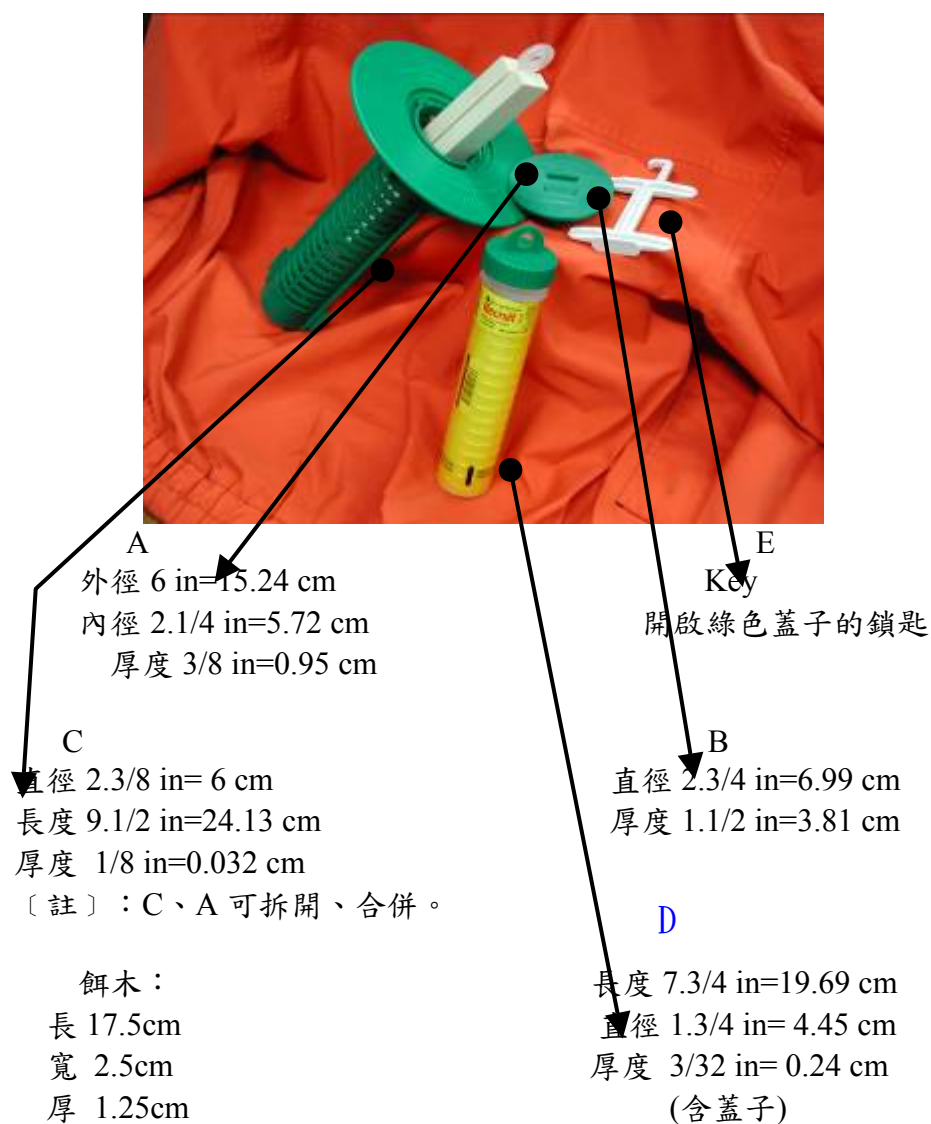


圖 3-3 地下型白蟻餌站

資料來源：參照地下型白蟻餌站使用說明書

(2)、材料組件說明

種類名稱：地下型白蟻餌站（見圖 3-3）

材料種類：組件本體為單槽綠色多孔狀塑膠製品，上方有一綠色頂蓋，內部放置兩根白楊木做為誘餌，為檢查方便有一根丁字型透明塑膠桿，可拉起清楚檢視木頭是否遭白蟻蛀食。（圖片右上方不鏽鋼封蓋，為水泥地使用。）組件埋設於地面下，封面與土壤平不可凸出，為了不影響觀瞻，採用與草皮相同的綠色。

〔註〕：做為誘餌的白楊木經數百種木料實驗所挑選出來，證明對白蟻的誘食性最高，代號以 DM499 稱呼。

3-1-2 地上型白蟻餌站



外殼(閤上蓋子後)  
長度 5.7/8 in=14.92 cm  
寬度 3.5 in=8.89 cm  
厚度 2 in=5.08 cm

藥餌(圓柱形紙卷 2 卷)  
長度 5.5 in=14 cm  
直徑 1.3/8in=3.5 cm  
重量=35mg/卷

圖 3-4 地上型白蟻餌站

資料來源：參照地上型白蟻餌站使用說明書

種類名稱：地上型白蟻餌站（見圖 3-4）

材料種類：組件外殼為米白色長方體塑膠製品，內部放置兩卷含有藥劑之紙卷，為白蟻取食之食物。

組件裝設於室內白蟻已侵入並活動的地點，有時亦裝設於白蟻可能侵入地點，做為偵測功能使用。

## 第二節 實驗方法

### 3-2-1 實驗設計

針對案例 1 (日式，在宜蘭)、案例 2 (日式，在台北市)、案例 3 (傳統疊斗式，在台南縣)三處木構造古蹟與歷史建築，利用白蟻誘捕裝置進行白蟻誘捕試驗。

案例 1 與案例 3 皆已完成白蟻防治，本研究對其進行白蟻誘捕，是為了瞭解白蟻防治工法成效，以做為未來古蹟與歷史建築白蟻防治工法成效評估之重要參據。而案例 2 未進行白蟻防治，正進行木構造損害調查，本研究對其進行白蟻誘捕與染色追蹤，是為了瞭解此方法應用於古蹟與歷史建築白蟻危害調查評估之可行性。

### 3-2-2 施工方法

#### 1. 地上型白蟻誘捕

地上型白蟻誘捕系統利用安置在木構件表面或遮蔽管上之餌站，引誘白蟻進入攝食，並藉由互相餵哺而達到消滅整個蟻巢的功效。

#### 一、施工方法

1. 規劃白蟻餌站之分佈。
2. 安置餌站作業施工

地上型餌站設置，依規劃圖面及數量安裝，如遇有較嚴重危害區域或其他需要變動位置者，按實際現況做調整。

3. 紀錄白蟻餌站設置施工平面圖。
4. 白蟻餌站檢查週期
  - a. 第一次新設白蟻餌站，兩星期內應做第一次回測。
  - b. 例行性白蟻餌站檢查，裝設後第 1~6 個月內視前次檢視結果，於 2~3 週內檢查乙次；第 7 個月後可調整為每兩個月檢查乙次。
  - c. 如白蟻攝食活動旺盛，必要時可縮短回測檢查週期。

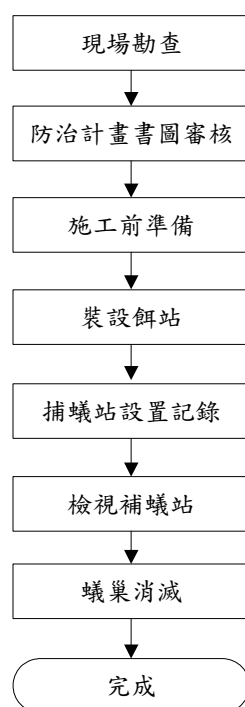
## 二、注意事項

1. 地上型餌站安裝原則上以裝設於木構件為主，可採用熱熔膠或小螺絲釘固定。地上型餌站需設計成能往上堆疊，以防在檢查間之間隔期，白蟻因餌劑取食殆盡離開餌站。餌站外殼必要時可改變顏色，以符合周邊裝璜顏色，減低對構件外觀影響。
2. 進行檢查時，應徹底洗淨雙手，避免手上殘留污染物或菸味，影響白蟻攝食。
3. 餌劑攝食量超過 1/3 時，應在餌站上加疊一層餌站，讓更多白蟻進入充分取食藥餌，加速白蟻族群滅亡。
4. 如藥餌紙卷太乾，應加適量乾淨純水；餌站遭螞蟻或其他害蟲侵入，或因太潮濕而發霉將更換或移除藥餌紙卷。
5. 如白蟻攝食活動旺盛，必要時於鄰近地點加裝餌站。
6. 持續檢查並適時補充藥餌，直到沒有白蟻取食，連續兩個月後，始能確定白蟻已經消滅。

## 三、施工機具

本工程施作時，所需主要基具有皮尺、螺絲釘與螺絲起子等。

## 四、施作流程



## 2. 地下型白蟻誘捕

地下型白蟻誘捕系統係利用安置在建築物周圍土壤下之餌站，放置白蟻偵測木引誘土壤下之白蟻進入攝食，成功引誘白蟻攝食後，將白蟻置入含藥劑之餌管，藉由白蟻互相餵食達到藥劑傳佈而撲滅蟻巢之功效。

### 一、施工方法

1. 規劃白蟻餌站之分佈。
2. 埋設餌站作業施工
3. 紀錄白蟻餌站設置施工平面圖。
4. 白蟻餌站檢查週期
  - a. 第一次新設白蟻餌站，兩星期內應做第一次回測。
  - b. 例行性白蟻餌站檢查，裝設後第 1~6 個月內視前次檢視結果，於 2~3 週內檢查乙次；第 7 個月後可調整為每兩個月檢查乙次。
  - c. 如白蟻攝食活動旺盛，必要時可縮短回測檢查週期。

### 二、注意事項

1. 地下型餌站埋設如遇有地下之水電管時，則應協調業主及專案管理廠商同意更換埋設位置後，始可埋設。
2. 地下型白蟻餌站應為多孔性塑膠材質，方便白蟻進出蟻站。
3. 餌站裝置後進行例行性檢查，如果沒有白蟻取食，將偵測木放入餌站內繼續偵測。如果偵測木有白蟻活動，將白蟻收集倒入地下型含藥餌之塑膠管內，再將塑膠管放入餌站內。
4. 白蟻餌站有螞蟥或其他害蟲侵入，或白蟻偵測木太潮溼發霉將更換或移除。
5. 餌管太潮濕、發霉或餌劑攝食量超過 2/3 量時，應更換餌劑。
6. 如果白蟻攝食活動旺盛，必要時於鄰近地點加裝白蟻餌站。
7. 持續檢查並適時補充藥餌，直到沒有白蟻取食，連續兩個月後，始能確定白蟻已經消滅。
8. 白蟻族群消滅後將含藥劑塑膠管取出，恢復為無毒偵測木，繼續偵測，每二個月檢查乙次至回測檢視期滿。

### 三、白蟻餌站檢查儀器

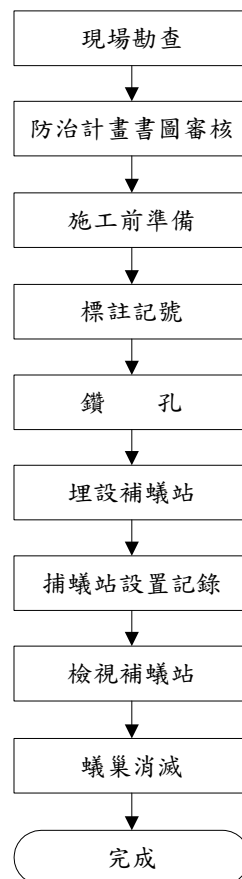
由於白蟻對震動及噪音等因素非常敏感，故在白蟻活動偵測及偵測站的檢查時，容易因儀器操作產生干擾而造成偵測上的誤差。因此應以偵測器檢驗，可減少干擾並有效偵測出白蟻偵測樁的出現。本研究使用 AE(Acoustic Emission)白蟻偵測儀(圖 2-9)與微波(Microwave)白蟻偵測儀(圖 2-8)進行古蹟現場調查白蟻之蝕害。AE 白蟻偵測儀之原理乃利用各種害蟲(如：白蟻)於求偶、移動、啃食、時所發出之聲響，以超音波感應探棒，找尋及定位害蟲所在之位置。以感應探棒，接觸或插入待測區域(如土壤、樹幹、木材板面、樑柱、傢俱...等)，再配合 AED-2000 主機連接耳機，找尋及定位並記錄，所偵測到的指數以 10 為基準，偵測指數在 10 以下表示無白蟻活動，偵測指數超過 10 表示有白蟻活動，指數越高則白蟻活動愈頻繁(活躍)。微波白蟻偵測儀(Termatrac)之原理類似於雷達的技術且在澳洲普遍的被使用，Termatrac 偵測木材、熟石膏板、磚、石裡面的白蟻，對於建築材料以及白蟻活動完全都沒有產生擾動。

不用鑽探或者是用穿刺的方式進行偵測，Termatrac 可以偵測到白蟻的訊號，簡單來說，Termatrac 發出訊號進入需搜尋的材料，如果這些信號因為白蟻活動被打斷，液晶顯示幕將提醒你注意這項訊號。Termatrac 傳遞這項訊息在給操作者，他們能瞬間準確測定白蟻的位置。

### 四、施工機具

施作時，所需主要機具有手動及電動鑽孔機、皮尺、鐵鎚等。

### 五、施作流程



### 第三節 實驗結果與討論

#### 3-3-1 案例 1(在宜蘭)

案例 1 為一日式木構造古蹟建築，於民國 94 年 10 月進行白蟻誘捕與防治，檢測期間(民國 94 年 11 月 8 日至民國 95 年 5 月 9 日)針對案例 1 之地下型餌站(埋設位置如圖 3-5 所示)，成功誘捕白蟻或偵測木過於潮濕、發霉等因素進行探討。定期更換餌劑與偵測木，更換餌劑數量如表 3-1 所示。以下就案例 1 說明白蟻誘捕餌站檢測結果。

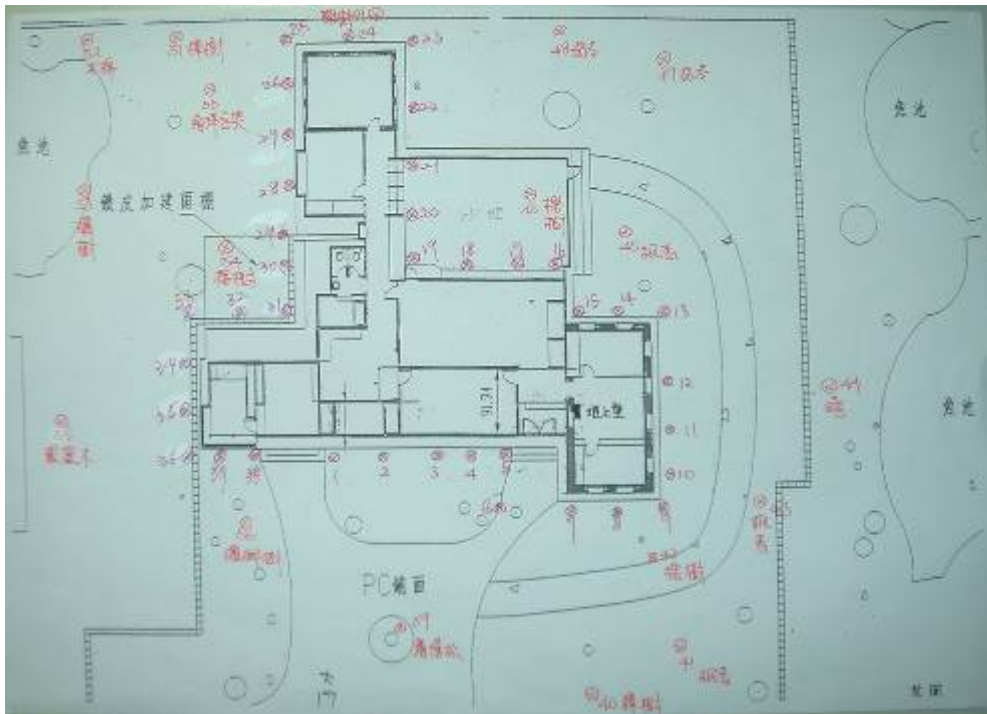


圖 3-5 案例 1 地下型餌站配置圖

資料來源：本研究自製

表 3-1 白蟻誘捕餌站更換與補充數量

|            | 案例 1 |
|------------|------|
| 更換地下型餌劑(組) | 45   |
| 更換偵測木(支)   | 184  |
| 補充地上型餌站(組) | 0    |

資料來源：本研究自製

案例 1 地上型餌站裝設時，於玄關與簡報室隔間牆上發現蟻道及活體白蟻，隨即裝置地上型誘捕餌站，但後續檢測時並未誘捕到白蟻，木構件上亦未發現白蟻活動跡象，應是建物整修時，木構件所進行的防蟲防腐處理仍持續發揮效用所致，不過目前仍有庭院中白蟻族群侵入建物之疑慮，因此目前仍持續觀察中。

進行案例 1 地下型白蟻誘捕餌站裝設時，發現庭院內多處植栽與放置於庭院中的木製傢俱遭到白蟻蛀蝕痕跡，且於挖掘 25 號餌站埋設孔洞處，於土壤層內發現活體白蟻，因而判斷此處環境正遭到白蟻侵害中。

案例 1 地下型白蟻誘捕餌站自裝設完成後，計有 SM-01、SM-02、SM-03、SM-11、SM-12、SM-14、SM-21、SM-25 及 SM-49 等 9 處餌站成功誘捕到白蟻，依其誘捕到的種類可分為家白蟻及黑翅土白蟻兩種，誘捕到白蟻的餌站位置則可區分為建物前側、左側及後側三處（表 3-2），經檢測發現，白蟻攝食餌劑數量龐大，活動速度明顯趨緩，且身體成乳白色，顯示餌劑已確定發揮效用，環境內的白蟻族群已獲得控制。以下茲就上述其種類及發現位置之餌站進行各別說明。

表 3-2 案例 1 地下型餌站誘捕白蟻紀錄表

|       |      |       | 回測時間  |       |       |       |       |      |      |      |     |      |     |      |     |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|
| 回測次數  |      |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6    | 7    | 8    | 9   | 10   | 11  | 12   | 13  |
| 年度    |      |       | 94 年  |       |       |       |       |      | 95 年 |      |     |      |     |      |     |
| 白蟻種類  | 餌站位置 | 餌站編號  | 11/14 | 11/21 | 11/28 | 12/12 | 12/27 | 1/11 | 1/26 | 2/14 | 3/7 | 3/21 | 4/4 | 4/19 | 5/9 |
| 家白蟻   | 建物前側 | SM-01 | ◎     | ◎     | ◎     | ◎     |       |      |      |      |     | ◎    | ◎   |      |     |
|       |      | SM-02 |       |       | ◎     | ◎     | ◎     | ◎    | ◎    | ◎    | ◎   | ◎    | ◎   | ◎    |     |
|       |      | SM-03 |       |       |       |       |       |      |      |      |     | ◎    |     |      |     |
|       | 建物左側 | SM-14 | ◎     | ◎     | ◎     | ◎     |       |      | ◎    | ◎    | ◎   | ◎    | ◎   |      |     |
|       |      | SM-21 | ◎     | ◎     | ◎     | ◎     | ◎     | ◎    | ◎    | ◎    | ◎   | ◎    | ◎   |      |     |
|       |      | SM-25 | ◎     | ◎     | ◎     | ◎     | ◎     | ◎    | ◎    | ◎    | ◎   | ◎    | ◎   | ◎    |     |
|       | 建物後側 | SM-49 |       |       | ◎     | ◎     | ◎     | ◎    | ◎    | ◎    | ◎   | ◎    | ◎   |      |     |
|       |      |       |       |       |       |       |       |      |      |      |     |      |     |      |     |
|       |      |       |       |       |       |       |       |      |      |      |     |      |     |      |     |
| 黑翅土白蟻 | 建物左側 | SM-11 |       |       |       |       |       |      | ◎    |      |     |      |     |      |     |
|       |      | SM-12 |       |       |       |       |       |      | ◎    |      |     |      |     |      | ◎   |

◎代表成功誘捕白蟻。

資料來源：本研究自製

位於案例 1 前側的 SM-01 餌站於第一次檢測時即誘捕到大量的白蟻，為提高了白蟻族群取食餌劑機率，因此第二次檢測時將 SM-01 餌站所誘捕到的白蟻，分裝於 SM-02 餌站，於第三次檢測即成功誘捕白蟻。而後由於第九次檢測時 SM-02 餌站誘捕到的白蟻數量龐大，故分裝於 SM-01 及 SM-03 餌站，於第十次檢測時亦成功誘捕到白蟻（詳見表 3-3 與圖 3-6），因此可推測 SM-01、SM-02 及 SM-03 餌站所誘捕到之白蟻為同一族群。

其中 SM-01 號餌站在前四次檢測時，皆穩定的誘捕到約 280 隻左右的白蟻（詳見表 3-3、圖 3-6、表 3-4、圖 3-7），其後因為 94 年 12 月底至 95 年至 2 月底這段期間案例 1 地區降雨不斷，導致多處餌站積水嚴重，SM-01 餌站也因積水致使白蟻離開；於第三次檢測時成功誘捕白蟻之 SM-02 餌站，雖亦受到降雨影響，但餌站僅底部積水，使白蟻數量有減少的趨勢，不過仍保持 300 隻左右的數量，至第九次檢測時，由於氣溫回暖，雨量和緩，使白蟻活動增加，餌站內白蟻數量驟升，至第十次檢測時 SM-01、SM-02 及 SM-03 餌站雖皆成功誘捕白蟻，但誘捕到之白蟻數量較少且行動明顯較為遲緩，顯示藥劑已發揮效用，至第十三次進行檢測時，三處餌站皆未發現白蟻，顯示藥劑已

確實發揮功效，但須持續兩個月皆未發現白蟻，才可確定白蟻族群已遭消滅，因此仍應持續進行檢測與觀察。

表 3-3 餌站 SM-01、SM-02 及 SM-03 白蟻數量變化表

| 單位：隻         |            |            |            |            |            |           |           |           |          |           |          |           |          |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| 餌站編號<br>回測日期 | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        | 11       | 12        | 13       |
|              | 2005/11/14 | 2005/11/21 | 2005/11/28 | 2005/12/12 | 2005/12/27 | 2006/1/11 | 2006/1/26 | 2006/2/14 | 2006/3/7 | 2006/3/21 | 2006/4/4 | 2006/4/19 | 2006/5/9 |
| SM-01        | 285        | 294        | 336        | 208        | 0          | 0         | 0         | 0         | 0        | 87        | 13       | 0         | 0        |
| SM-02        | -          | -          | 252        | 475        | 288        | 318       | 315       | 416       | 1265     | 107       | 27       | 12        | 0        |
| SM-03        | -          | -          | -          | -          | -          | -         | -         | -         | -        | 9         | 0        | 0         | 0        |

資料來源：本研究自製

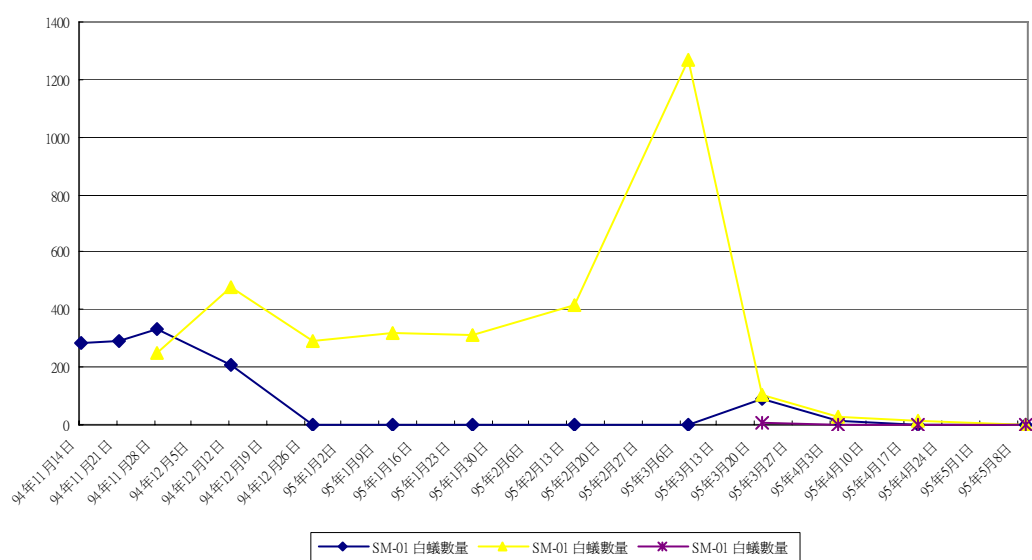


圖 3-6 餌站SM-01、SM-02 及SM-03 白蟻數量變化圖

資料來源：本研究自製

表 3-4 餌站 SM-01、SM-02 及 SM-03 兵蟻比例變化表

| 回測日期<br>餌站編號 | 單位：%       |            |            |            |            |           |           |           |          |           |          |           |          |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        | 11       | 12        | 13       |
|              | 2005/11/14 | 2005/11/21 | 2005/11/28 | 2005/12/12 | 2005/12/27 | 2006/1/11 | 2006/1/26 | 2006/2/14 | 2006/3/7 | 2006/3/21 | 2006/4/4 | 2006/4/19 | 2006/5/9 |
| SM-01        | 12         | 10         | 29         | 31         | 0          | 0         | 0         | 0         | 0        | 49        | 77       | 0         | 0        |
| SM-02        | -          | -          | 38         | 25         | 38         | 38        | 49        | 58        | 20       | 16        | 7        | 33        | 0        |
| SM-03        | -          | -          | -          | -          | -          | -         | -         | -         | -        | 33        | 0        | 0         | 0        |

資料來源：本研究自製

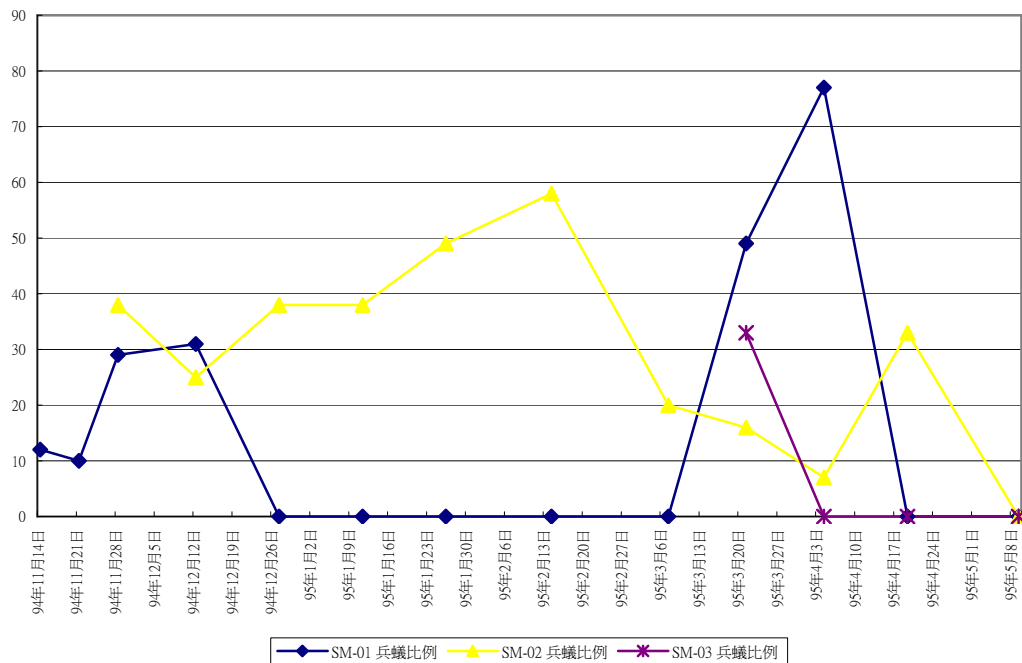


圖 3-7 餌站SM-01、SM-02 及SM-03 兵蟻比例變化圖

資料來源：本研究自製

位於建物左側之 SM-14 餌站因地勢較低，底部經常積水，因此雖持續有誘捕到白蟻，但誘捕到的白蟻數量經常因餌站內的積水情形而有所變動，當積水情形嚴重時，誘捕到的白蟻數量較少（詳見表 3-5、圖 3-8、圖 3-9）。但與 SM-02 餌站相同，至第十次檢測時，白蟻身體已成乳白色，且行動遲緩，此一跡象顯示，SM-14 餌站所更換之餌劑亦已發揮藥效，至第十二次檢測時已無發現白蟻，與 SM-02 餌站相同，須持續兩個月皆未發現白蟻，才可確定

白蟻族群已遭消滅，因此仍應持續進行檢測。

表 3-5 餌站 SM-14 白蟻數量及兵蟻比例變化表

單位：隻

| 餌站編號 \ 回測日期 | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        | 11       | 12        | 13       |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|             | 2005/11/14 | 2005/11/21 | 2005/11/28 | 2005/12/12 | 2005/12/27 | 2006/1/11 | 2006/1/26 | 2006/2/14 | 2006/3/7 | 2006/3/21 | 2006/4/4 | 2006/4/19 | 2006/5/9 |
| 白蟻數量 (隻)    | 48         | 288        | 231        | 469        | 0          | 0         | 53        | 53        | 360      | 81        | 15       | 0         | 0        |
| 兵蟻比例 (%)    | 60         | 20         | 33         | 28         | 0          | 0         | 66        | 40        | 17       | 40        | 20       | 0         | 0        |

資料來源：本研究自製

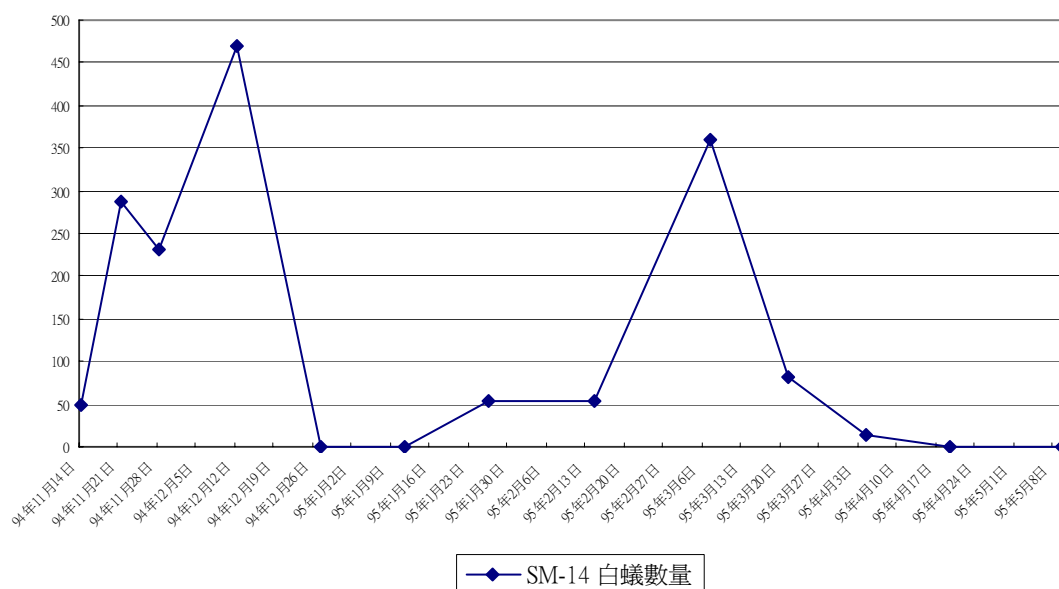


圖 3-8 餌站SM-14 白蟻數量變化圖

資料來源：本研究自製

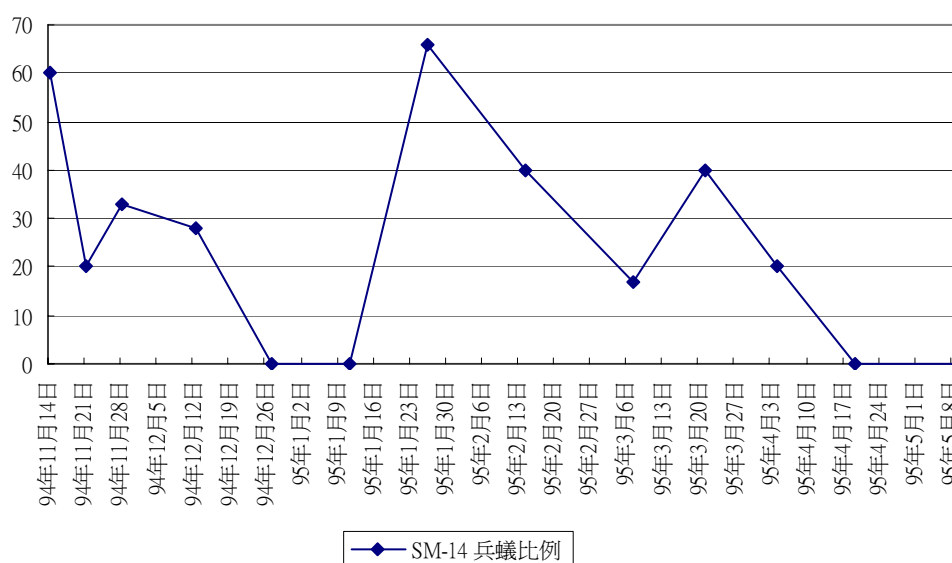


**圖 3-9 餌站SM-14 兵蟻比例變化圖**

資料來源：本研究自製

位於建物後側之 SM-21、SM-25 及 SM-49 餌站，其中 SM-21 餌站位於建物旁沙地，因此排水良好，並未發生積水現象，SM-25 及 SM-49 餌站則常因降雨積水影響到白蟻活動，而使白蟻數量呈現不斷變動的情形（詳見表 3-6、圖 3-10、表 3-7、圖 3-11），但由表 3-7 與圖 3-10 中分析這三個餌站，於二月中至三月初期間，誘捕到大量的白蟻，尤以 SM-21 餌站的數量最高，於第九次回測時發現高達 1700 多隻的白蟻，顯示這一段時間案例 1 環境中白蟻活動相當旺盛且族群龐大。

第十一次檢測時，白蟻數量急劇銳減，三處餌站內白蟻身體變為乳白色且動作緩慢，顯示白蟻誘捕系統餌劑已開始發揮藥效，至 95 年 5 月 9 日進行第 13 次檢測時，三處餌劑內之白蟻皆已死亡，但仍須持續兩個月皆未發現白蟻，才可確定白蟻族群已遭消滅，因此仍應持續進行檢測，以確保白蟻誘捕系統之功效。

表 3-6 餌站 SM-21、SM-25 及 SM-49 白蟻數量變化表

單位：隻

| 餌站編號 \ 回測日期 | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        | 11       | 12        | 13       |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|             | 2005/11/14 | 2005/11/21 | 2005/11/28 | 2005/12/12 | 2005/12/27 | 2006/1/11 | 2006/1/26 | 2006/2/14 | 2006/3/7 | 2006/3/21 | 2006/4/4 | 2006/4/19 | 2006/5/9 |
| SM-21       | 232        | 276        | 315        | 312        | 258        | 235       | 235       | 1191      | 1716     | 480       | 128      | 0         | 0        |
| SM-25       | 104        | 60         | 115        | 465        | 123        | 78        | 68        | 1555      | 288      | 852       | 21       | 6         | 0        |
| SM-49       | -          | -          | 330        | 245        | 476        | 238       | 11        | 1632      | 297      | 420       | 162      | 0         | 0        |

資料來源：本研究自製

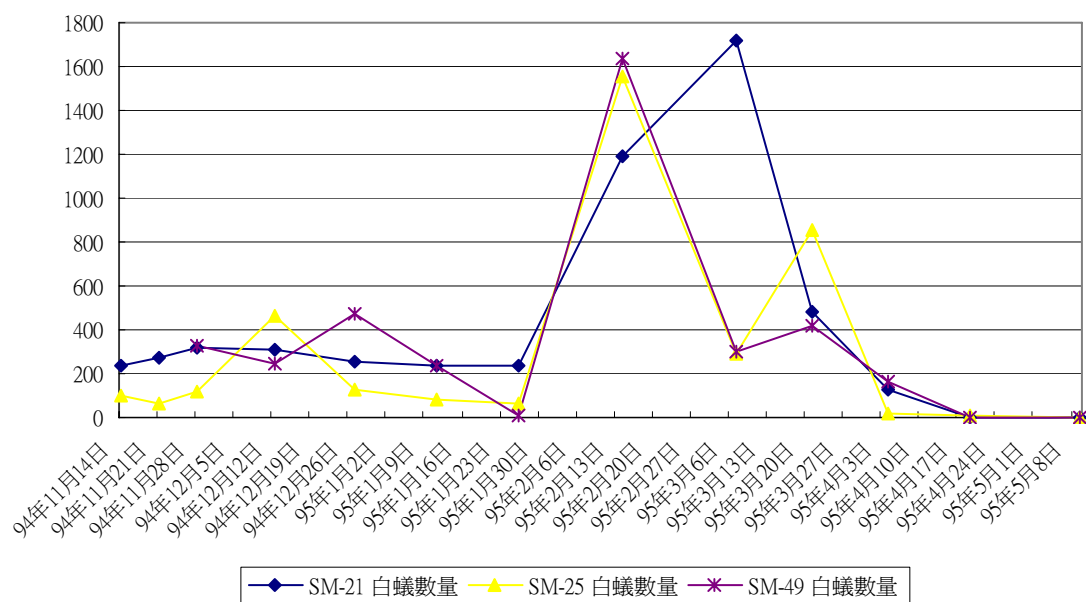


圖 3-10 餌站SM-21、SM-25 及SM-49 白蟻數量變化圖

資料來源：本研究自製

表 3-7 餌站 SM-21、SM-25 及 SM-49 兵蟻比例變化表

| 餌站編號 \ 回測日期 | 單位：％       |            |            |            |            |           |           |           |          |           |          |           |          |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|             | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        | 11       | 12        | 13       |
|             | 2005/11/14 | 2005/11/21 | 2005/11/28 | 2005/12/12 | 2005/12/27 | 2006/1/11 | 2006/1/26 | 2006/2/14 | 2006/3/7 | 2006/3/21 | 2006/4/4 | 2006/4/19 | 2006/5/9 |
| SM-21       | 20         | 13         | 29         | 38         | 78         | 38        | 37        | 37        | 43       | 21        | 47       | 0         | 0        |
| SM-25       | 15         | 25         | 36         | 23         | 23         | 47        | 29        | 6         | 23       | 62        | 33       | 50        | 0        |
| SM-49       | -          | -          | 31         | 45         | 55         | 33        | 26        | 7         | 56       | 48        | 38       | 0         | 0        |

資料來源：本研究自製

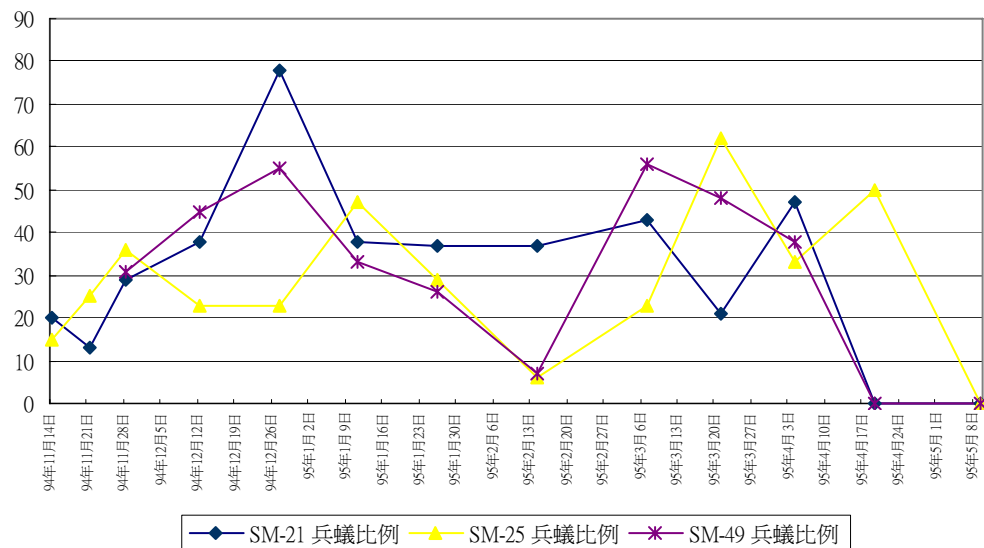


圖 3-11 餌站SM-21、SM-25 及SM-49 兵蟻比例變化表

資料來源：本研究自製

案例 1 左側之 SM-11 及 SM-12 餌站所誘捕到之白蟻種類為黑翅土白蟻，於 95 年 1 月 26 日第七次檢測時第一次發現，而第八次檢測時隨即離開（詳見表 3-8、圖 3-12、表 3-9、圖 3-13），乃因黑翅土白蟻較家白蟻更易受驚擾所致。95 年 5 月 9 日進行第十三次檢測時，重新又於 SM-12 餌站誘捕到黑翅土白蟻，由於 SM-12 餌站旁之建物牆腳處發現新的黑翅土白蟻副巢，且於其中發現活體白蟻，顯示環境中此種類白蟻活動旺盛，應持續對此一族群進行監控與誘捕。

表 3-8 餌站 SM-11 及 SM-12 白蟻數量變化表

| 回測日期<br>餌站編號 | 單位：隻       |            |            |            |            |           |           |           |          |           |          |           |          |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        | 11       | 12        | 13       |
|              | 2005/11/14 | 2005/11/21 | 2005/11/28 | 2005/12/12 | 2005/12/27 | 2006/1/11 | 2006/1/26 | 2006/2/14 | 2006/3/7 | 2006/3/21 | 2006/4/4 | 2006/4/19 | 2006/5/9 |
| SM-11        | -          | -          | -          | -          | -          | -         | 16        | 0         | 0        | 0         | 0        | 0         | 0        |
| SM-12        | -          | -          | -          | -          | -          | -         | 154       | 0         | 0        | 0         | 0        | 0         | 20       |

資料來源：本研究自製

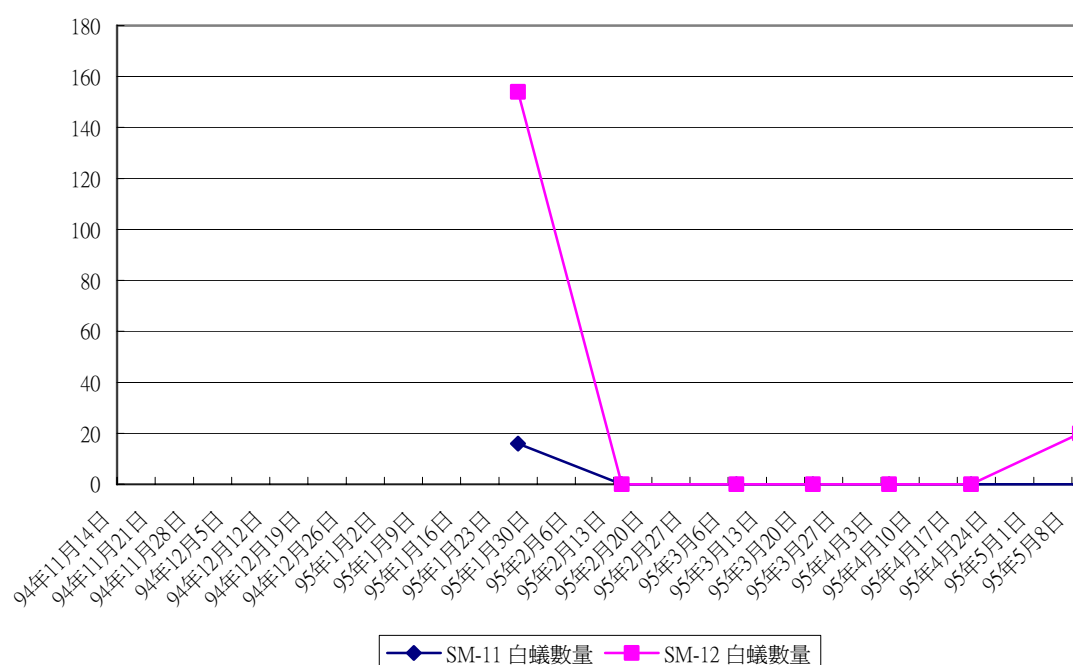


圖 3-12 餌站SM-11 及SM-12 白蟻數量變化圖

資料來源：本研究自製

表 3-9 餌站 SM-11 及 SM-12 兵蟻比例變化表

| 回測日期<br>餌站編號 | 單位：％       |            |            |            |            |           |           |           |          |           |          |           |          |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        | 11       | 12        | 13       |
|              | 2005/11/14 | 2005/11/21 | 2005/11/28 | 2005/12/12 | 2005/12/27 | 2006/1/11 | 2006/1/26 | 2006/2/14 | 2006/3/7 | 2006/3/21 | 2006/4/4 | 2006/4/19 | 2006/5/9 |
| SM-11        | -          | -          | -          | -          | -          | -         | 44        | 0         | 0        | 0         | 0        | 0         | 0        |
| SM-12        | -          | -          | -          | -          | -          | -         | 63        | 0         | 0        | 0         | 0        | 0         | 100      |

資料來源：本研究自製

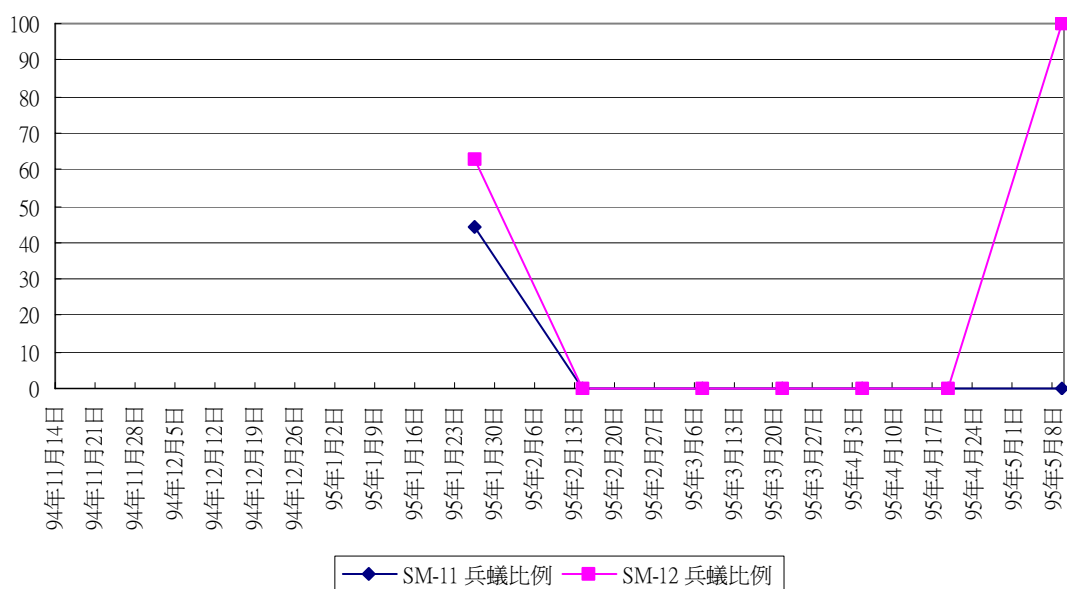


圖 3-13 餌站 11 號及 12 號兵蟻比例變化圖

資料來源：本研究自製

### 結果與討論

白蟻誘捕餌站成效的判斷，除了白蟻身體變為乳白色，數量減少及動作遲緩等情形外，於餌站內的兵蟻比例亦可作為白蟻誘捕系統成功的依據，因為在一穩定的情形下，通常一蟻巢中，兵蟻與工蟻的比例約為 15：85，亦即誘捕到的兵蟻比例應約為 16~18%，至藥劑發揮效果時，工蟻數量銳減，兵蟻的比例上升，可依此作為藥效發揮作用的依據，但此次案例 1 餌站因受到大雨及積水等因素，使得白蟻活動情形受到影響，誘捕到的兵蟻比例不斷變動，

無法憑藉兵蟻比例作為判斷依據，因此仍需持續進行檢測，以確保白蟻誘捕系統能持續發揮功效。

裝設誘捕餌站後陸續進行多次檢測，發現案例 1 環境內有家白蟻及黑翅土白蟻兩種白蟻，且館內之誘捕餌站陸續遭到家白蟻攝食，且數量相當多，平均數量皆為 300 隻左右，遭攝食餌站位置集中於建物前側、左側及後側，其中誘捕到家白蟻族群的餌站目前已連續兩次檢測未再誘捕到家白蟻，此一結果顯示藥劑應已發揮藥效，但仍須持續兩個月皆未發現白蟻，才可確定白蟻族群已遭消滅，因此仍應持續進行檢測，以確保白蟻誘捕系統之功效。由於 95 年 5 月 9 日回測時於建物左側又再次發現黑翅土白蟻族群，此種白蟻對於環境內植栽與木質構件影響甚大，因此建議應繼續持續一個月兩次的檢測次數，直至環境中的黑翅土白蟻族群獲得消滅或控制為止。

為使白蟻誘捕系統持續發揮功效，對於管理單位有以下建議：

1. 餌站周圍的環境若有積水應盡快排除，避免使檢測木發霉。
2. 餌站周圍應避免傾倒及噴灑各種藥劑或清潔劑，以免白蟻死亡或離開。
3. 餌站附近應減少震動及噪音，避免白蟻遭到驚嚇而離開。
4. 若要在餌站上放置或裝設物體，致使餌站無法進行回測，應先進行移除或變更位置，以利日後的監測能順利進行。
5. 應避免破壞餌站的裝置，使餌站失去功效。

由於案例 1 庭院廣大，且周圍林園腹地廣闊，為適合白蟻生存的環境，因此即使由現況檢測結果，雖可判定館內的白蟻族群已獲控制或消滅，但不表示其他新的族群不再侵入，因此仍將進行監測工作。

### 3-3-2 案例 2(在台北市)

案例 2 為一日式木構造古蹟建築，地上型與地下型白蟻誘捕餌站於 96 年 5 月 23 日安裝完成(配置見圖 3-14)。案例 2 正進行木構造損害調查(圖 3-15)，於 96 年 8 月完成損害調查，本研究對其進行白蟻誘捕與染色(圖 3-16～圖 3-20)，是為了瞭解此方法應用於古蹟與歷史建築白蟻危害調查評估之可行性。96 年 6 月 14 日檢查時，發現 1 處地上型餌站與 2 處地下型餌站誘捕到白蟻，96 年 6 月 21 日檢查時，增加 1 處地下型餌站誘捕到白蟻，白蟻種類均為

家白蟻，為了解地上型與地下型白蟻的分布與相關性，於是將地上型餌站的紙捲換成染色紙捲(圖 3-19)與進行捕捉到白蟻的染色，供後續之研究。結果在 96 年 7 月 13 日檢查時，發現 3 處地下型餌站誘捕到染色之白蟻，證明應該是與地上型餌站誘捕到的白蟻屬於同一族群的白蟻，唯，捕獲之染色白蟻(圖 3-21)數量少，難以估計族群之大小。

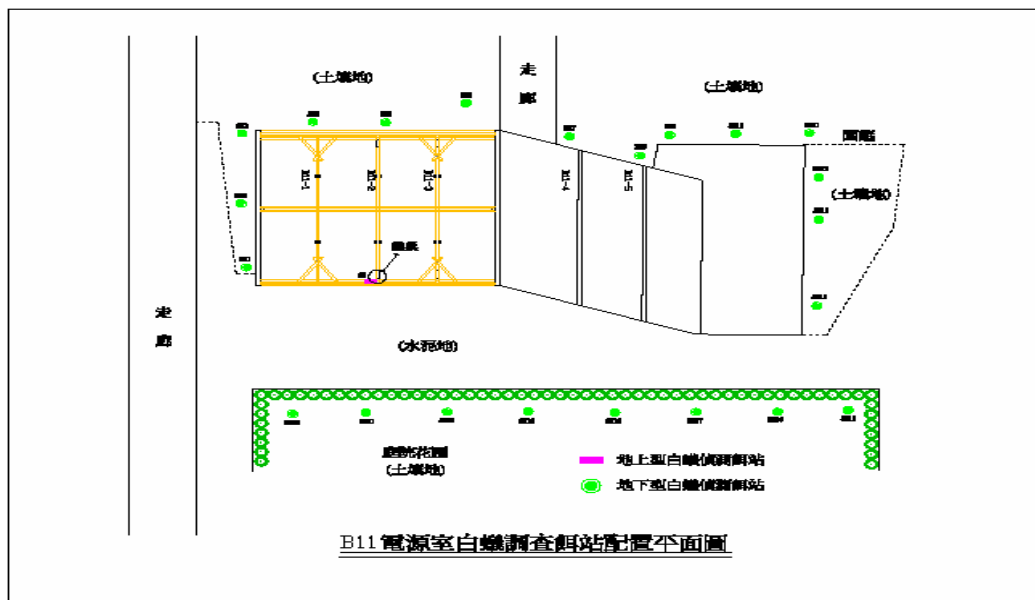


圖 3-14 案例 2 地上型與地下型餌站埋設位置圖

資料來源：本研究自製



圖 3-15 電源室建築內部附壁白蟻築巢



圖 3-16 地上型餌站遭受白蟻侵襲



圖 3-17 遭受白蟻侵襲的地上型餌站換成  
染色紙捲



圖 3-18 地下型餌站遭受白蟻侵襲

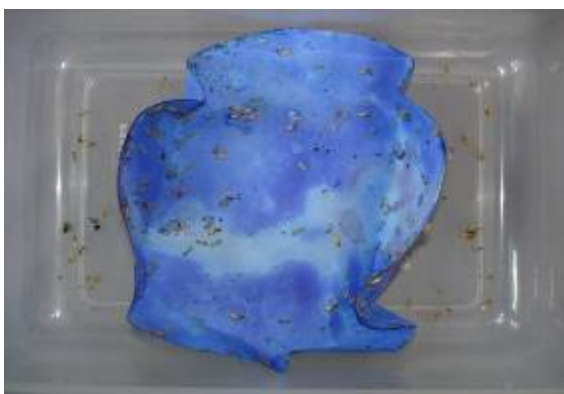


圖 3-19 對活捉白蟻進行染色



圖 3-20 染色後的白蟻



圖 3-21 7 月 13 日發現被染色的白蟻



圖 3-22 針對圖 3-21 之處以AE白蟻偵測儀偵測，指數為(45.36)，代表白蟻活動量中等



圖 3-23 針對圖 3-21 之處以Ternatrac偵測，指數為 1.5 格(共 3.5 格)，代表白蟻活動量中等



圖 3-24 針對圖 3-18 之處以Ternatrac偵測，指數約為 1 格(共 3.5 格)，代表白蟻活動量小至中等

資料來源：本研究自製(圖 3-15~3-24)

### 3-3-3 案例 3(在台南縣)

案例 3 為一傳統疊斗式木構造古蹟建築，地上型與站地下型白蟻誘捕餌站於 95 年 4 月安裝完成。案例 3 於民國 95 年 9 月 5 日開始進行第一年度回測檢視工作，並於 96 年 8 月 23 日共完成九次回測作業，期間多次誘捕白蟻成功並進行施藥處理，茲將檢視結果彙整如下。

案例 3 共裝設 39 處餌站，於第一年度回測期間共更換 216 支偵測木，部分餌站曾多次成功誘食白蟻，並立即更換餌劑，餌劑總更換量達 8 支，第一年度回測偵測木及餌劑使用量如表 3-10 所示。

表 3-10 第一年度回測偵測木與餌劑之使用量

|       | 日期       | 偵測木用量（支） | 餌劑用量（組） |
|-------|----------|----------|---------|
| 第一次回測 | 95/09/05 | 26       |         |
| 第二次回測 | 95/10/14 | 18       | 1       |
| 第三次回測 | 95/12/05 | 50       | 1       |
| 第四次回測 | 96/02/06 | 38       | 0       |
| 第五次回測 | 96/03/12 | 16       | 3       |
| 第六次回測 | 96/04/25 | 6        | 0       |
| 第七次回測 | 96/06/04 | 6        | 1       |
| 第八次回測 | 96/07/09 | 34       | 1       |
| 第九次回測 | 96/08/23 | 22       | 1       |
| 合計    |          | 216      | 8       |

資料來源：本研究自製

根據第一年度回測紀錄表整理出表 3-11 第一年度白蟻數量變化表及表 3-12 第一年度兵蟻比例變化表，並根據表 3-11 及表 3-12 繪製圖 3-25 白蟻數量變化圖及圖 3-26 兵蟻比例變化圖。

表 3-11 第一年度白蟻數量變化表(單位：隻)

|        | 第一次回測    | 第二次回測    | 第三次回測    | 第四次回測    | 第五次回測    |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 餌站編號   | 95/09/05 | 95/10/14 | 95/12/05 | 96/02/06 | 96/03/12 |
| SMT-7  |          |          |          |          |          |
| SMT-12 |          |          |          |          | 100      |
| SMT-15 |          |          | 67       | 0        | 0        |
| SMT-33 |          |          |          |          | 100      |
| SMT-35 |          |          |          |          |          |
| SMT-36 |          |          |          |          | 30       |
|        | 第六次回測    | 第七次回測    | 第八次回測    | 第九次回測    |          |
|        | 96/04/25 | 96/06/04 | 96/07/09 | 96/08/23 |          |
| SMT-7  |          | 35       | 0        | 0        |          |
| SMT-12 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |
| SMT-15 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |
| SMT-33 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |
| SMT-35 |          |          | 67       | 0        |          |
| SMT-36 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |

資料來源：本研究自製

表 3-12 第一年度兵蟻比例變化表(單位：%)

|        | 第一次回測    | 第二次回測    | 第三次回測    | 第四次回測    | 第五次回測    |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 餌站編號   | 95/09/05 | 95/10/14 | 95/12/05 | 96/02/06 | 96/03/12 |
| SMT-7  |          |          |          |          |          |
| SMT-12 |          |          |          |          | 20       |
| SMT-15 |          |          | 10       | 0        | 0        |
| SMT-33 |          |          |          |          | 36       |
| SMT-35 |          |          |          |          |          |
| SMT-36 |          |          |          |          | 23       |
|        | 第六次回測    | 第七次回測    | 第八次回測    | 第九次回測    |          |
|        | 96/04/25 | 96/06/04 | 96/07/09 | 96/08/23 |          |
| SMT-7  |          | 20       | 0        | 0        |          |
| SMT-12 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |
| SMT-15 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |
| SMT-33 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |
| SMT-35 |          |          | 33       | 0        |          |
| SMT-36 | 0        | 0        | 0        | 0        |          |

資料來源：本研究自製

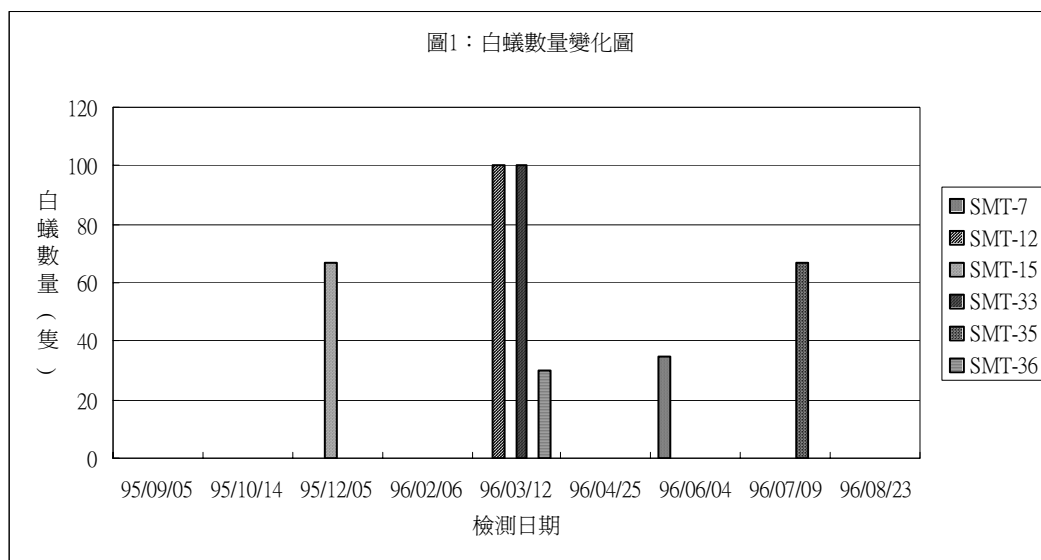


**圖 3-25 案例 3 白蟻數量變化圖**

資料來源：本研究自製

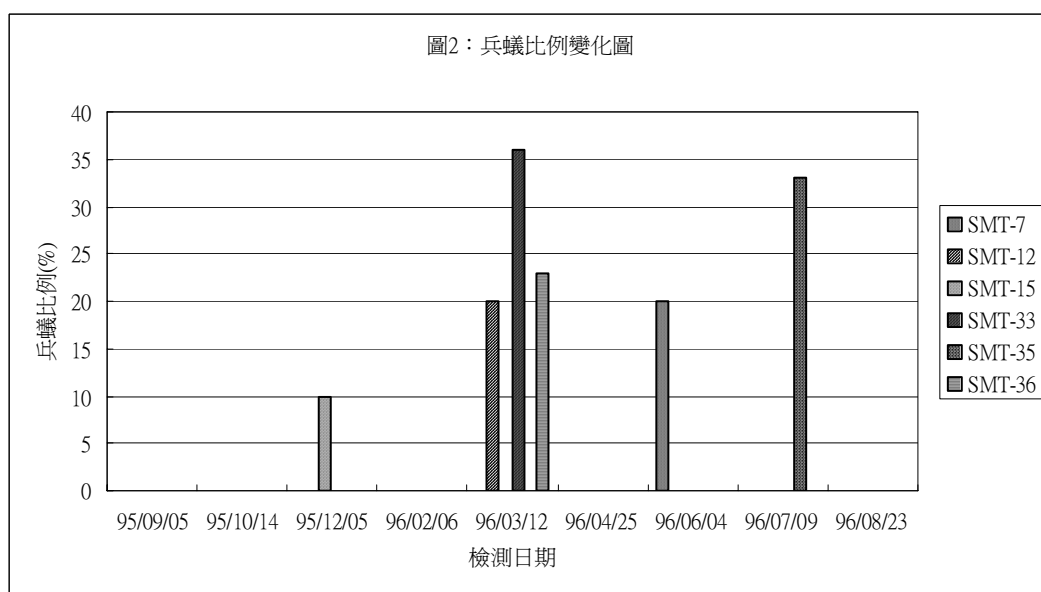


**圖 3-26 案例 3 兵蟻比例變化圖**

資料來源：本研究自製

根據表 3-12 及圖 3-26 可看出，第一年度回測期間成功誘捕到白蟻之日期集中於 3 月~8 月，與此期間之氣候高溫多濕條件相符，成功誘捕白蟻之餌站編號為 SMT-7、SMT-12、SMT-15、SMT-33、SMT-35 及 SMT-36，但是各餌站皆只成功誘捕一次，白蟻便離開餌站，誘捕到的白蟻數量亦不多，約在 30~100 隻之間，根據現場檢視情形，推測造成其可能原因有二：(1) 餌站與土壤接觸面積小，誘捕餌站僅底部約三分之一有接觸到土壤，因此誘捕白蟻的機率大幅降低，即使成功誘捕白蟻，數量亦不多。(2) 案例 3 地底之土壤屬黏質土壤，排水及通氣性差，因此一旦下雨，餌站內部便容易積水，或底部遭雨水浸潤之濕潤黏土包覆，白蟻容易因此而離開。

因此，案例 3 之餌站雖然經常誘捕到白蟻，但是持續誘捕之成功率低，亦無法藉由兵蟻比例之變化來輔助判斷六伏隆藥劑是否有發生效用，且因餌站經常積水之故，偵測木亦容易發霉、變色，降低誘捕白蟻之可能性，是故，建議應改善案例 3 環境中之排水設施，減少餌站積水之可能性，以利白蟻誘捕系統之進行。

#### 討論與維護建議

案例 3 自 95 年 9 月陸續進行第一年度回測檢測，結果有多數餌站陸續受到白蟻攝食，誘捕白蟻數量在 30~100 隻，遭攝食餌站位於建物左側及後側，此一結果顯示案例 3 仍持續有白蟻為害之虞，但由於案例 3 建物所在地之土壤質地為黏質土壤之故，致使對於白蟻族群消滅的判讀上有困難，因此對於管理單位有以下建議：

- (1) 餌站周圍的環境若有積水應盡快排除，避免餌站積水，使偵測木發霉。
- (2) 在餌站上放置或裝設物體，致使餌站無法進行回測，應進行移除或變更位置，以利日後的監測能順利進行。
- (3) 餌站附近應減少震動及噪音，避免白蟻遭到驚嚇而離開。
- (4) 應避免破壞餌站的裝置，使餌站失去功效。



## 第四章 古蹟及歷史建築防腐防蟲蟻之研究

### 第一節 建研所四年來的研究架構及說明

木材是可再生的生物材料，且具有許多優良的居住特性，自古以來一直為人類所喜愛而大量選用為建築材料，也由於台灣地區盛產木材，所以以前較傳統的建築中結構體具木構造者就佔有相當之比例，隨著時光的推演，有不少具有歷史、文化價值之木構造古建築物、傳統聚落、古市街及其他歷史文化遺蹟等等就成了今日的歷史建築，為台灣地區增加了不少文化資產。

國內木結構古蹟及歷史建築約佔六成以上，然而木材是生物性的有機材料，其主要成分纖維素、半纖維素、木質素係由碳、氫、氧三元素所構成之有機高分子，當由木材營造之建築物使用於本省高溫多濕的環境時，易受生物性的環境因子（如：真菌、蟲蟻等）與非生物性的環境因子（如：降雨、火等）的影響而產生生物劣化、吸水吸濕劣化、天候劣化、應力劣化及人為燃燒劣化等，足見在台灣要維護木結構古蹟及歷史建築殊為不易。劣化種類中生物劣化（約佔九成）是國內古蹟及歷史建築木作中最常見的劣化種類，也就是木構架受微生物與蟲蟻之侵害而產生腐蝕之情況最為嚴重。腐朽蛀蝕除了減短木構造古蹟及歷史建築的使用壽命外，更對其結構安全性造成很大的影響，尤其台灣的地理位置是處於環太平洋地震帶及熱帶颶風帶上，一旦強震來臨，這些平常疏於維護的木構造古蹟及歷史建築往往就成為災害的犧牲品。在八十九年二月九日（九二一災後）修正通過的文化資產保存法第三十條也增列了保存科學的應用技術等文字：「...前項修復計畫之提出，必要時得採用現代科技與工法，以增加其防震、防災、防蛀等機能」，這無疑的為國內木結構歷史建築之災害防範及管理維護研究打了一針催化劑。

為達保存古蹟及歷史建築木構造之目的，建研所 92 至 95 年進行「保存環境技術整合型研究計畫--古蹟及歷史建築木作防腐與防蟲工程之研究」、「保存環境技術整合型研究計畫（2）--木作防腐防蟲工作手冊之研究」、「防腐防蟲蟻處理對大木構材物理與力學性質之影響」、「古蹟木構造

防腐及蟲蟻防治設計參考手冊」等之研究與手冊之編纂，針對木作防腐防蟲工法適切性、使用木料之基本資料庫、木作危害環境分級之基本資料庫、CNS14495 中新型防腐藥劑之耐腐試驗、CNS14495 中新型防腐藥劑處理後對大木構材物理與力學性質之影響等，已有具體之結果提供實務上古蹟及歷史建築木構造防腐防蟲工程之設計。具體之結果歸納如下：

- (1)國內古蹟及歷史建築常使用木料之基礎資料庫已建立，如台灣扁柏、紅檜、台灣肖楠、台灣杉、鐵杉、福州杉、柳杉、樟樹、大葉楠及台灣欏等，可供未來古蹟及歷史建築木作腐朽與蟲蟻防治工法設計之參考。
- (2)針對國內古蹟及歷史建築木作危害環境進行 K1~K5 之分級，並就木作防腐與防蟲工法進行研擬，可供未來古蹟及歷史建築木作腐朽與蟲蟻防治工法設計之參考。
- (3)實驗結果顯示 ACQ 之防腐性能佳，在性能、環保與經濟的綜合考量下，可作為取代 CCA 的藥劑之一。就壓縮強度變化而言，ACQ 防腐處理之濃度愈低，壓縮強度尚未見明顯之趨勢。
- (4)木材防腐防蟲工法的執行是一項嚴峻考驗，由於涉及到古蹟修復的相關規定及不同建築物所受到不同的環境及劣化因子影響，因此使用的工法不盡相同，設計者不可一味沿用相同的工法。
- (5)設計的整體環境調查表及木作腐朽及蟲蟻危害調查表為調查環境與劣化的相關基本資料，供執行者參考使用
- (6)所整理的表格，如「CNS14495 木材防腐劑」、「木材使用環境與危害分級（CNS3000 木材之加壓注入防腐處理方法）」、「樹種之耐久性成分」、「木材防腐藥劑吸收量基準」、「木質建材之防腐處理藥劑吸收」、「地樑用加壓式防腐處理木材」、「結構用製材之滲透度基準」、「室外結構用防腐處理材之滲透度基準」等為使用防腐劑的相關規定，設計時應考慮防腐劑的種類與吸收量、木材材種天然耐腐耐蟲的性質、木材的使用環境與分級、並依照現場詳實的劣化診斷加以判別以何種工法防治腐朽與蟲蟻之危害。
- (7)經由 ACQ 防腐處理後，其防腐組與對照組相較之下，有效吸收量達 CNS3000 中 K2、K3 以及 K4 級條件藥劑吸收量試材（台灣杉、柳杉以

及杉木) 平均比抗彎彈性模數與平均比抗彎破壞模數，經 ANOVA 同質性統計分析結果顯示其強度變化不顯著(除了台灣杉 K2 組 MOE 會顯著降低外)，MOE 與 MOR 變動值約在正負 10%左右。

- (8)ACQ 防腐處理後，其平均比抗壓強度方面：台灣杉抗壓強度會顯著降低、柳杉 K4 組抗壓強度會顯著降低、杉木抗壓強度變化不顯著。
- (9)台灣杉經由 ACQ 防腐處理後，其防腐組與對照組相較之下，試材之徑向收縮率試體平均收縮率、15%收縮率以及全收縮率之對照組與防腐組 (K2、K3 以及 K4) 有顯著差異，且台灣杉徑向收縮率試體之收縮率會因為防腐處理後有增大之趨勢。台灣杉弦向收縮率試體平均收縮率與全收縮率之對照組與防腐組 (K2、K3 以及 K4) 有顯著差異，而 15%收縮率在對照組與防腐組僅與 K3 及 K4 組有顯著差異，台灣杉弦向收縮率試體平均收縮率與全收縮率會因為防腐處理後在 K2 與 K3 組有減小之趨勢，而 K4 組有增大之趨勢；15%收縮率會因為防腐處理後在 K3 有減小之趨勢，而 K4 組有增大之趨勢。
- (10)柳杉經由 ACQ 防腐處理後，其防腐組與對照組相較之下，試材之徑向收縮率試體平均收縮率之對照組與防腐組 (K2、K3 以及 K4) 有顯著差異、15%收縮率在對照組與防腐組僅 K3 組有顯著差異、全收縮率在對照組與防腐組僅 K2 與 K3 組有顯著差異，柳杉平均收縮率、15%收縮率以及全收縮率對照組與防腐組 (上述有顯著差異者) 會因為防腐處理後收縮率有增大之趨勢。柳杉弦向收縮率試體 15%收縮率與全收縮率之對照組與防腐組 (K2、K3 以及 K4) 有顯著差異，而平均收縮率在對照組與防腐組僅 K3 組有顯著差異，柳杉平均收縮率、15%收縮率以及全收縮率對照組與防腐組 (上述有顯著差異者) 會因為防腐處理後 K2 與 K4 組收縮率有減小之趨勢，而 K3 組有增大之趨勢。
- (11)杉木經由 ACQ 防腐處理後，其防腐組與對照組相較之下，試材之徑向收縮率試體平均收縮率與全收縮率之對照組與防腐組 (K2、K3 以及 K4) 有顯著差異，而 15%收縮率在對照組與防腐組僅 K4 組有顯著差異，杉木平均收縮率、15%收縮率以及全收縮率對照組與防腐組 (上述有顯著差異者) 會因為防腐處理後 K2 組收縮率有減小之趨勢，而 K3 與 K4 組有增大之趨勢。杉木弦向收縮率試體平均收縮率與全收縮率之對照組與

防腐組（K2、K3 以及 K4）有顯著差異，而 15%收縮率在對照組與防腐組僅 K2 與 K4 組有顯著差異，杉木平均收縮率、15%收縮率以及全收縮率對照組與防腐組（上述有顯著差異者）會因為防腐處理後 K2 組收縮率有減小之趨勢，而 K3 與 K4 組有增大之趨勢。

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

生物劣化是國內古蹟與歷史建築大木構架常見的劣化種類，近年來木構架尤其受白蟻之侵害而產生腐蝕之情況最為嚴重。本研究擬建立古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法，總結建研所五年古蹟科技計畫有關「保存環境技術」研究成果。目的是做為未來古蹟與歷史建築白蟻危害調查與鑑定，以及白蟻防治成效評估之重要參據。

本研究成果如下：

1. 地上型白蟻誘捕餌站與地下型白蟻誘捕餌站能成功誘捕到白蟻。
2. 餌劑系統的成效除了需要由回測檢視來達成外，裝設地點的建築物格局、環境特質與微氣候等因素對地下型餌站的更換率與誘捕率具有相當的影響。
3. 降雨量較高時易造成部分地點的地下型餌站淹水，導致餌站內取食的白蟻溺死、暫時離開或改變覓食路徑，而需較長的時間之後再回到餌站內取食。
4. 案例 1 地下型白蟻誘捕餌站自裝設完成後，有 9 處餌站成功誘捕到白蟻，依其誘捕到的種類可分為家白蟻及黑翅土白蟻兩種。
5. 案例 2 發現 1 處地上型餌站與 3 處地下型餌站誘捕到白蟻，白蟻種類均為家白蟻。為了解地上型與地下型白蟻的分布與相關性，於是進行地上型餌站換成染色紙捲與捕捉到白蟻的染色，結果在 3 處地下型餌站亦誘捕到染色的白蟻，說明案例 2 應遭同一族群白蟻之侵襲。唯，捕獲之染色白蟻數量少，難以估計族群之大小。
6. 案例 3 自 95 年 9 月陸續進行第一年度回測檢測，結果有多數餌站陸續受到白蟻攝食，誘捕白蟻數量在 30~100 隻，遭攝食餌站位於建物左側及後側，此一結果顯示案例 3 仍持續有白蟻為害之虞，但由於案例 3 建物所在地之土壤質地為黏質土壤之故，致使對於白蟻族群消滅的判讀上有困難。

## 第二節 建議

### 建議一

白蟻誘捕後染色技術可作白蟻防治工法之準則：立即可行建議

主辦機關：文建會

協辦機關：相關學校及研究單位

台灣因為環境多濕多雨，要維護木結構古蹟及歷史建築殊為不易，而劣化種類中生物劣化（約佔九成）是國內古蹟及歷史建築木作中最常見的劣化種類，也就是木構架受微生物與蟲蟻之侵害而產生腐蝕之情況最為嚴重，因此生物危害調查與防治刻不容緩，運用適當的防腐防蟲工法保存木構造古蹟及歷史建築為當前急迫的課題。除此之外，古蹟修復完成後，白蟻防治成效評估亦無所適從，針對上述，建議主管機關在未來進行古蹟建築大木構造白蟻防治成效評估時，依照本研究中之白蟻誘捕裝置以及白蟻誘捕後染色技術調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍、族群大小，並當作白蟻防治工法成效驗收之準則之一，確保古蹟建築木作修復之品質。

### 建議二

建議未來可開授白蟻誘捕工法實務課程：中長期建議

主辦機關：文建會

協辦機關：內政部建研所

針對白蟻誘捕裝置以及白蟻誘捕後染色技術調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍、族群大小，進行加強訓練，且建議針對古蹟及歷史建築修復設計者開授相關實務課程，嚴格把關後合格者予以認證，確保古蹟建築木作修復之品質。另，持續追白蟻誘捕工法之成效。

## 附錄一 期初報告審查意見

| 委員        | 審查意見                                                                                                                                        | 綜合回覆                                                                                                                                                                                    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 蘇委員<br>毓德 | <p>本案應釐清本研究之最終目的：</p> <p>(1)用來建立白蟻誘捕方法？</p> <p>(2)長期性觀察白蟻分布？</p> <p>(3)用來驗收白蟻防治成果之方法？</p>                                                   | <p>謝謝指教，綜合回覆如下：</p> <p>(1)本案協同主持人蔡明哲教授曾榮獲國內外獎項，內政部亦頒發他[功在古蹟]獎座，在台灣大學、台北藝術大學、中原大學，均教授木質文化資產保存特論課程，課程含概探討木料與蟲菌腐蝕的關係，專長與研究案一致，其教學、研究、服務亦均以此為重點，他雖然主持它案，但絲毫不會影響對本案之研究，他的加入只會讓本案的執行更加完善。</p> |
| 廖委員<br>世璋 | <p>(1)請敘明本研究與其他研究案獨有貢獻之處？</p> <p>(2)「誘捕方法之建立」是案名，白坭染色了解分布之後，其「誘捕」之策略為何？</p> <p>(3)可增加臨床實驗之案例？例如保安宮或孔廟之方法在臨床上實際之差異。同樣的方法下有成功及失敗經驗其實作之分析。</p> | <p>(2)本案研究材料費與古蹟現場的白蟻誘捕試驗繁多，經費的編列合理，也將詳細羅列。</p> <p>(3)本案著重古蹟與歷史建築白蟻誘捕方法之建立，供未來古蹟與歷史建築白蟻危害調查與白蟻防治工程成效之驗證，是最環保的方法，並沒有要對白蟻趕盡殺絕(白蟻在自然界有其角色)，可短時間內調查古蹟現場白蟻危害的</p>                            |
| 李委員<br>玉生 | <p>(1)研究方法與研究人員專長及適用對象應有區分。</p> <p>(2)誘捕方法是否與古蹟與歷史建築及一般木造建築有特殊區別？</p>                                                                       |                                                                                                                                                                                         |

|                   |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>葉委員<br/>祥海</p> | <p>(1)本案以白蟻誘捕方法為主題，其誘捕方法應有基本的架構，如誘餌(對不同白蟻)、誘捕時間、誘捕的配置地點、密度、工具、檢視的週期、再誘捕的週期等，在成果建議能以手冊、指針方式呈現否？</p> <p>(2)國外有否相關研究案例或實用案例，其成功的誘捕比例如何？不同白蟻有不同的誘餌或道具嗎？</p> | <p>分布範圍、族群大小，也可短時間內驗證古蹟白蟻防治工程之成效，同時也可當作修復完成後古蹟與歷史建築白蟻危害之長時間監測，可說一舉數得。</p> <p>(4)本案之誘餌、餌木可加以變換進行研究，嘗試找出最佳的誘捕方式，因為此法是白蟻防治工程成效之驗證方法，與該古蹟與歷史建築採用之防治工法相關不大。</p> <p>(5)本案之進行將嚴謹遵照工作事項，未來完成時也會配合政府相關單位的推廣計畫與人才培育計畫。</p> |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 附錄二 期中報告審查意見

| 委員        | 審查意見                                                                                                                                                           | 綜合回覆                                                                                                                                               |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 史委員<br>景宏 | <p>(1)台灣目前白蟻有三種型態種類，是否在各地分佈有其相似？</p> <p>(2)白蟻在啃食分佈的建築物位置是否有歸納一定方位？依白蟻習性是來回啃食，在地上型餌站放置位置點的選擇是否有選擇特定位置？</p> <p>(3)本研究對古蹟歷史建築在修復上，白蟻防治的參考價值頗大，期望在期末報告能供業界之參考。</p> | <p>謝謝指教，綜合回覆如下：</p> <p>(1)台灣因區域範圍不大，目前之最常見三種型態種類白蟻，分佈有其相似性，以家白蟻危害古蹟歷史建築最為嚴重。白蟻在啃蝕分佈的建築物位置一般以建築物的弱點、漏水處為主，喜歡啃蝕木材較柔軟的春材，而留下秋材，所以被啃蝕的木材斷面外觀似同心圓狀。</p> |
| 許委員<br>有仁 | 古蹟及歷史建築對白蟻的問題透過非破壞性檢測常無法完全掌握其對木構造之破壞程度，透過誘捕方法去防治是較積極的態度，若能符合文資法第 21 條所提的使古蹟修復必要時「得採用現代科技與工法」增加防蛀等機能，使古蹟內部環境之維護能更有新的技術及方法。                                      | <p>(2)希望透過誘捕方法之</p>                                                                                                                                |
| 米委員<br>復國 | <p>(1)能否請計畫主持人提供相關個案之背景資料。</p> <p>(2)除本案實驗效果外，期望能納入其他實務資料。</p> <p>(3)有關餌站之設置方式，國外相關研究是否如此，若時間允許，期能予以介紹或比較。</p>                                                 | <p>建立能達成古蹟內部環境之維護。</p> <p>(3)期末報告會補充相關個案之背景資料及其他實務資料，以及介紹或比較有關餌站設置方式之國外相關研</p>                                                                     |

|            |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                          |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 符委員<br>宏仁  | <p>(1)研究案例之背景宜敘明，如是否已有其他防治工法、氣候條件等。</p> <p>(2)案例均為日式建築，有無需要選擇漢式建築？</p> <p>(3)本方法之適用場合與使用限制為何？</p>                                                                                   | <p>究。</p> <p>(4)期末報告會補充相關個案之背景資料及本方法之適用場合與使用限制，並儘可能增加介紹傳統建築案例。</p>                                                       |
| 曾委員<br>師國恩 | <p>(1)業界較關心的是保固期限過了之後(3~5年)，管理單位如何辦理後續之白蟻防治？</p> <p>(2)可將早期「阻絕法」之概念納入前言或背景中說明。</p> <p>(3)期待能驗證「地上型餌站」之必要性或功效。</p> <p>(4)必要時亦請說明「乾木白蟻」之防治方式。</p> <p>(5)目前在台灣已有相當的案例施作中，是否可以納入整合？</p> | <p>(5)期末報告會補充早期「阻絕法」之概念，以及整合介紹或比較目前在台灣的案例研究。另，因白蟻生態之關係，白蟻有可能婚飛、築巢、攻擊木構件，所以「地上型餌站」有其必要性。而「乾木白蟻」之危害比較局限性，建議其防治方式採局部防治。</p> |
| 葉委員<br>民權  | <p>本研究誘補白蟻之成功率為 10/56，如能透過偵測儀之偵測結果有效提高誘補率，建議能提供不同偵測方法之偵測操作手冊。</p>                                                                                                                   | <p>而「乾木白蟻」之危害比較局限性，建議其防治方式採局部防治。</p>                                                                                     |
| 魏委員<br>政光  | <p>在實際經驗中，使用昆蟲生長調節劑使蟻巢中的白蟻無法脫皮而死亡，非常有效，對古蹟與歷史建築防治白蟻是很有效的，但用白蟻誘捕方法要準確判斷出白蟻數量，應是無法辦到的。</p>                                                                                            | <p>(6) 謝謝指教，期末報告會補充不同偵測方法之偵測操作手冊。</p> <p>(7)會盡力研究並準確判斷出白蟻數量。</p>                                                         |

## 附錄三 期末報告審查意見

| 委員         | 審查意見                                                                                                        | 綜合回覆                                                                                                                                                       |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 孫教授<br>啟榕  | 建議本案可就政策或制度面上，研提落實管制之做法。                                                                                    | 非常同意委員的看法。建議主管機關在未來進行古蹟建築大木構造白蟻防治成效評估時，依照本研究中之白蟻誘捕裝置以及白蟻誘捕後染色技術調查古蹟現場白蟻危害的分布範圍，並當作白蟻防治工法成效驗收之準則之一，確保古蹟建築木作修復之品質。同時考慮到白蟻防治工程是一專業工程，有別於古蹟修復工程，可行嚴謹的獨立發包模式進行。 |
| 李教授<br>正庸  | 報告書之摘要與第五章「結論與建議」相同。                                                                                        | 謝謝委員的建議，第五章「結論與建議」將精簡。                                                                                                                                     |
| 程建築<br>師建明 | 第五章結論與建議第二節建議之建議一，建議文建會應編列預算對古蹟建築著重於事前之防治，以免擴大修復難度。                                                         | 古蹟建築保存著重於事前之防治的確是最重要的一環，謝謝委員的建議，將遵照辦理。                                                                                                                     |
| 曾建築<br>師國恩 | (1)用研究目的來看本報告，似乎由染色技術調查來瞭解白蟻危害之分布、族群大小，尚未能達成。<br>(2)在本報告中希望能以白蟻偵測器交互驗證「誘餌法」之成效，似乎無此驗證。<br>(3)工蟻、兵蟻比例值似乎未達本次 | 由研究成果與收集之文獻而論，白蟻危害之族群大小的估計會相差 10 倍，代表受眾多難控制因子之干擾甚大，勉強估算意義不大。另，也因眾多難控制因子之干擾甚大，兵蟻、工蟻比例值似乎未達文獻上                                                               |

|           |                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | <p>調查之目的性。</p> <p>(4)另期中報告中本人所提早期”組絕法”概念之評估，請予以補充。</p>                                                                                                                                                                           | <p>所報導逐漸上升的趨勢(代表族群消滅中)。然而由誘捕與染色技術調查成果而論，每個案例均成功誘捕與瞭解白蟻危害之分布，應足夠供古蹟修復設計者設計白蟻防治工程與未來之成效驗收，可謂達成研究之目的。期末完整報告將加上以白蟻偵測器交互驗證「誘餌法」之成效的成果。”阻絕法”概念之評估並未同時與誘捕法同列於研究計畫中，況阻絕法與誘捕法有相抵觸的地方，基本上不應同時施用於同案例，否則評估窒礙難行。</p>   |
| 葉教授<br>民權 | <p>(1)本研究在4個案例中之誘捕分別為9處、3處、10處、6處，其誘捕率皆不及10%，如果能進一步根據上述寶貴資訊歸納發生白蟻覓食環境之特色，是否能改善未來設餌捕捉的規劃及成功率，藉以降低防治成本。</p> <p>(2)本研究所設之部分餌站遲至7或9月才有白蟻活動，有些則中間停止2個月才又開始活動，除了可能之人為、自然、天敵干擾因素外，是否與白蟻族群規模與分布有關，建議本研究所進行之染色追蹤技術能夠在未來進一步作一有系統的深入探討。</p> | <p>本研究在4個案例中之誘捕率達6-18%，符合文獻之記載。另，本研究所設之部分餌站遲至7或9月才有白蟻活動，有些則中間停止2個月才又開始活動，除了可能之人為、自然、天敵干擾因素外，古蹟基地土壤性質、天候變動、誘捕技術與白蟻族群規模與分布均有關，希望建研所能再支持持續進行有系統的追蹤與深入探討。另，有關研究中所誘捕之家白蟻、黑翅土白蟻及黃肢散白蟻等三種，主要與其族群分布、活動頻度、侵食行為</p> |

|  |                                                                                               |                                |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p>(3)本研究所誘捕之白蟻共有家白蟻、黑翅土白蟻及黃肢散白蟻等三種，如果在誘捕程序、活動頻度、分布範圍或侵食行為上有所不同，建議宜在手冊中之誘捕施工規劃及埋設方法上提供建議。</p> | <p>等有關，與誘捕施工規劃及埋設方法並無明顯差異。</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|



## 參考書目

### 中文部分：

1. 中國國家標準 CNS14730 (2003) 木材防腐劑吸收量之測定方法，經濟部標準檢驗局。
2. 中國國家標準 CNS-3000 (2001) 木材之加壓注入防腐處理方法，經濟部標準檢驗局 10PP。
3. 中國國家標準 CNS-CNS6717 (2001) 木材防腐劑之性能基準及其試驗法，經濟部標準檢驗局。
4. 王守範、王振瀾、謝堂洲、曲俊麒(1987) 省產主要木材之抗白蟻性與藥劑防止白蟻效能之研究。林業試驗所研究報告季刊 2:117-128。
5. 王松永 (1997) 木材之天然耐朽性及其防止處理，民俗文物及古蹟生物腐蝕與防治研討會論文集，pp. 149-163，台北。
6. 王松永 (2002) 木材防腐、防白蟻藥劑處理之新趨勢，古蹟暨木構造白蟻防治研討會，高雄縣文化局，2002 年 1 月 18 日，P42-51
7. 王松永、田賢祿(1987) 木材對水溶性防腐劑之吸收與流失研究。台大實驗林研究報告 1(1):7-20。
8. 王松永、張宗豫 (1989) 八種木材及五種防腐劑之抗蟻性的室內促進試驗。林產工業 8(3)：13-31。
9. 吳文哲 (1996) 白蟻的種類、生活環境及其生態，木質構造建築之結構與室內居住性研討會論文集，pp. 99-112，台北。
10. 林大淵 (2001) 溫度、溼度、族群生物量、巢材對黃肢散白蟻及黑翅土白蟻呼吸速率之影響。國立台灣大學昆蟲學研究所碩士論文。39 頁。
11. 林天書、張東柱 (1999) 兩種加拿大進口及三種國內木材之抗白蟻性及耐腐性。台灣林業科學 14(2)：235-239。
12. 林天書、趙榮台、鄒哲宗 (1996) 六種主要進口及省產木材之抗白蟻性。台灣林業科學 11(3)：297-302。
13. 徐爾烈 (2002) 白蟻的生態及習性，古蹟暨木構造白蟻防治研討會，高雄縣文化局，2002 年 1 月 18 日，P35-41。
14. 張上鎮 (1997) 防治木材生物劣化的施工與處理方法，古蹟保存科

學研討會-木料生物性破壞與防治論文集，pp. 33-61，5月，台北。

15. 張宗豫 (1989) 木材之抗蟻處理研究。國立台灣大學森林學研究所碩士論文。81 頁。
16. 張琳、吳文哲、徐爾烈 (2002) 地下活動之家白蟻(*Coptotermes formosanus*)(等翅目：鼻白蟻科)之食物偏好性。植物保護學會會刊 44：135-139。
17. 陳錦生 (1997) 白蟻之生態，古蹟保存科學研討會-木料生物性破壞與防治論文集，pp. 27-32，5月，台北。
18. 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。國立台灣大學昆蟲學研究所碩士論文。43 頁。

外文部分：

1. AWWPA (1997) Book of Standard.(Includes standards on preservative, treatment ,methods of analysis ,and inspection.) Granbury, TX: American Wood Preservers' Association.
2. Evans, T. A., M. L. Lenz and P. V. Gleeson (1999) Estimating Population Size and Forager Movement in a Tropical Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae) Environ. Entomol. 28(5): 823–830.
3. Fielden, Bernard ( 1994 ) The Conservation of Historic Buildings. Butterworth-Heinemann Ltd, G. B.
4. Hadlington, P. W.( 1992 )Termites and other common timber pests , NSW University Press, Sydney.
5. Howard, J. and M. Haverty (1981) Seasonal variation in caste proportions of field colonies of *Reticulitermes flavipes* (Kollar). Environ Entomol 10(4):546-549
6. Su, N. Y. ( 1994 ) Field evaluation of a hexaflumuron bait for population suppression of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) , J. Econ. Entomol. 87 ( 2 ) : 389-397.
7. Susan, C. and A. B. Jones (1991) Targeted versus standard bait station placement affects- Subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae)

- infestation rates. *Journal of Economic Entomology* pp. 1520–1525
8. Swoboda, L. E. (2004) Environmental Influences on Subterranean Termite Foraging Behavior and Bait Acceptance. Dissertation submitted to the faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Entomology.



ISBN 978 986 01-2462-0