



專輯  
樹木保護



圖 / 大山影像

# 颱風造成樹木倒伏害因 之分析及預防

文、圖 | 梁臻穎 | 臺灣植物及樹木醫學學會  
| 孫岩章 | 臺灣大學植物病理與微生物學系教授

臺灣為亞熱帶季風氣候，每年 6-9 月多受到西南季風之影響，在颱風季節平均會有 4-5 個颱風吹襲。颱風會導致樹木風倒、傾斜、枝斷，其殘枝除了清理費時，對行人、交通安全等都帶來威脅。本研究是希望調查了解臺灣颱風造成樹木風倒的原因，以為日後颱風發生前預防及應變之參考。

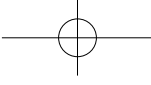
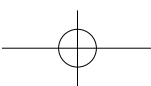


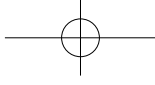
圖1、颱風造成樹木風倒導致財產之鉅大損害。

臺灣為亞熱帶季風氣候，每年 6-9 月多受到西南季風之影響，在颱風季節平均會有 4-5 個颱風吹襲，常見以向西北的方向移動，並肆虐北部。颱風會導致樹木風倒、傾斜、枝斷，其殘枝除了清理費時，對行人、交通安全等，都帶來威脅，同時也嚴重破壞多年來政府及人民辛苦經營、維持的都市綠化面積。根據「臺北市政府工務局公園路燈管理處」提供的資料，受 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風所吹倒的樹木就超過兩萬株，非但讓人對這些都市綠蔭的損

失感到痛惜，再以經濟的角度來看，復植、護理的開支之大，實無法估計。對「人醫」，我們早已了解「預防勝於治療」，在「植醫」及「樹醫」方面也有針對各種農林經濟植物的颱風災前預防災損措施，是以本研究是希望調查了解臺灣颱風造成樹木風倒的原因，以為日後颱風發生前預防及應變之參考。

遠觀國外，以美國佛羅里達州為例，同樣是每年會遭受颶風的吹襲，卻早在 1997 年，即





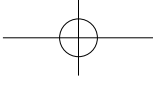
有佛羅里達大學研究單位，針對颶風的災後樹木風倒展開調查。該研究是透過風倒及抗風樹種之存活，以及風倒原因之調查，得到的資訊應用於日後社區樹種的選擇及維護上。而其他國外不少受颱風、颶風威脅的城市也有類似的樹木風倒研究。反觀同樣被颱風影響的臺灣，尚乏科學性之「樹木風倒原因調查」，加上臺北市人車密集、建築物與樹木之間的距離極窄，樹穴通常不足，故其造成風倒的成因必定更為複雜、多元。

有鑒於此，臺灣大學植醫研究室及「臺灣植物及樹木醫學學會」，率先於 2014 年颱風季節之前，即行文「臺北市政府工務局公園路燈管理處」，請該單位同意由「臺灣植物及樹木醫學學會」進行颱風過後「風倒原因之調查及研究」，隨即於 2014 年 7 月 23 日，首次進行麥德姆颱風造成風倒樹木的研究，目的在收集樹木風倒的原因，並測試「風倒原因調查表」之可用性。至 2015 年之颱風季，作者等即順利於颱風過後的 1-7 日內，爭取在樹木被清理移除之前，逐一對風倒樹木進行「樹醫等級之診斷」，其地點選定以國立臺灣大學為中心並向外擴展到校外，共得到校外 210 個及校內 162 個樹木風倒之案例，即據以分析其風倒原因，希望將來可以利用所得結果，加強颱風前對樹木健檢、診斷、防治等工作，以求減少樹木風倒的損害及人車傷亡（如圖 1）之憾事。

## 研究方法

本計畫在 2014 年夏天，即開始進行，先行文「臺北市政府工務局公園路燈管理處」，函請該局同意進行本計畫。進行方法是等颱風侵襲時，即密切注意其路徑，並在颱風吹襲時觀察主要吹襲時之風向及最大暴風級數。之後於颱風過後，立即由臺灣植物及樹木醫學學會組成 2-3 人之「樹醫小組」，前往受害地區，調查每株受害倒伏樹木之「風倒害因」。首先於 2014 年 7 月 23 日麥德姆颱風侵襲時執行第一次之「風倒害因」調查。

本計畫第 2 年的調查主要是針對蘇迪勒颱風進行之調查。蘇迪勒於 2015 年 8 月 7 日傍晚開始吹襲，在臺北盆地主要為東風，最大暴風達 14 級，約為每秒 40 公尺。該颱風至 8 日傍晚開始減弱，但至 8 日晚上仍持續有強烈陣風，總共肆虐臺北之期間超過 36 小時。依據事後「臺北市政府工務局公園路燈管理處」之統計，



全臺北市共造成超過兩萬株公園或行道樹木的倒伏、傾斜或莖斷、枝斷。

研究由「具經驗之樹醫小組」針對每一倒伏者依據其傷害程度分成：A 級全倒、B 級莖斷、C 級枝斷及 D 級傾斜。而其「風倒害因」則於現場診斷及判斷。即診察樹倒之方向、樹幹斷裂位置、樹幹斷裂面有無腐朽徵狀、樹幹斷裂面有無白蟻蛀痕、四周有無高樓或街道形成之「風口」風場、是否有褐根病、樹穴是否過小、土質是否不佳、立地環境是否不良等。即依據表 1 之「風倒害因診斷記錄表」，對其「風倒害因」加以判定及記錄。

在經過 2014 年 7 月之嘗試操作後，採取了創新的策略，是進行「複合性風倒害因」之判定及統計；即針對每一風倒樹木，將害因分成 8 大類（圖 2-9），分別為：（1）根系過淺、（2）處於風場、（3）患有褐根病、（4）樹木受腐朽影響、（5）白蟻蛀食、（6）生長逆

境、（7）樹冠過重、（8）外傷感染。其可現場判定為複合害因，即記錄各害因，但最多單一案例之害因以 3 個為限。

在蘇迪勒颱風調查中，因災害為臺北市近 20 年來最嚴重的一次，共診斷判定了 373 株風倒樹木，其中 210 株屬於臺大校外，162 株屬於校內。本文為以校外 210 株之案例為研究及統計之基礎。

## 結果及討論

在 2015 年 8 月 9 日起進行臺北市行道樹風倒害因之診斷，同時進行「複合性風倒害因」之判定及記錄。現場由 2-3 位樹醫進行風倒害因之診斷，針對每一風倒樹木，將害因分成 8 大類，分別為：（1）根系過淺、（2）處於風場、（3）患有褐根病、（4）受腐朽影響、（5）白蟻蛀食、（6）生長逆境、（7）樹冠過重、（8）外傷感染。先記錄其為單一害因及複合

表1、臺北市行道樹風倒害因診斷紀錄表 # 序號\_\_\_\_\_

|                                 |                                                                   |                                 |                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 編號(wA×××)                       |                                                                   | 日期                              |                                 |
| 樹名                              |                                                                   | 北市編號                            |                                 |
| 分區                              |                                                                   | 地點                              |                                 |
| 胸徑 (cm)                         |                                                                   | 概估樹齡 (年)                        |                                 |
| 風倒級別                            | <input type="checkbox"/> (A) 全倒 / <input type="checkbox"/> (B) 莖斷 | <input type="checkbox"/> (C) 枝斷 | <input type="checkbox"/> (D) 傾斜 |
| 風倒原因診斷 ( )                      |                                                                   |                                 |                                 |
| <input type="checkbox"/> (1) 淺根 | 可查裸露水平根系                                                          | <input type="checkbox"/> (2) 風場 | 可查局部方位、相關風向                     |
| <input type="checkbox"/> (3) 褐根 | 可查菌絲面或網紋                                                          | <input type="checkbox"/> (4) 腐朽 | 可查腐朽佔比、靈芝或子實體                   |
| <input type="checkbox"/> (5) 白蟻 | 可查蟻痕、蛀洞佔比                                                         | <input type="checkbox"/> (6) 逆境 | 可查土球、異物、根系、                     |
| <input type="checkbox"/> (7) 頭重 | 可查樹冠過大、莖細                                                         | <input type="checkbox"/> (8) 外傷 | 可查外傷斷面佔比                        |
| <input type="checkbox"/> (9) 其他 |                                                                   |                                 |                                 |
| 風倒圖片                            |                                                                   | 斷口圖片                            |                                 |
| 褐根或腐朽圖片                         |                                                                   | 逆境或其他圖片                         |                                 |
| 診斷人員簽章                          |                                                                   |                                 |                                 |
| 註                               | H=健康、W=有外傷或傷口、S=有逆境、D=生病 (1-4 為病情分級級數)                            |                                 |                                 |

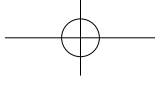


圖2、根系過淺：樹種屬於淺根者，抓地力較不足而易風倒。



圖3、處於風場：當樹木所處位置恰巧位於巷口、高樓旁邊，且因颱風之風向形成較強之風切風場者，易導致樹木風倒。



圖4、褐根病：因樹木褐根病常造成根系枯死及白色腐朽，失去抓地力而極易風倒。



圖5、樹幹腐朽：因木材腐朽菌造成褐腐、白腐或軟腐，形成中空或減低抗風能力而易風倒。



圖6、白蟻蛀食：在樹幹有外傷或木材腐朽後，常有白蟻入侵加速木材中空，而增加風倒機會。



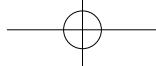
圖7、生長逆境：凡因人為栽培不當或天然逆境因素，導致淹水、土質不佳、樹穴過小、移植不當、生長不良等，增加風倒機會。



圖8、樹冠過重：由於樹冠過、過重，而超過枝條對強風之耐受力者，易造成莖斷及枝斷。



圖9、外傷：由於樹幹或枝條因外傷或加上腐朽，減低抗風能力而造成莖斷或枝斷。



害因，複合害因會依 2-3 個害因，同時勾選於表 1 之各害因欄內。共診斷判定了 210 株風倒樹木之害因。

經整理後，即以微軟公司之 Excel 軟體加以統計及分析。此一 210 案例之資料，經擷取代表性的 15 株，列如表 2。

表2、20150810臺北市行道及公園樹木風倒害因判定記錄總表範例

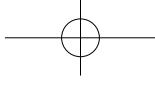
| 編號 | 樹名   | 地點               | 胸徑 (cm) | 風倒級別   | 風倒原因診斷            | 備註   |
|----|------|------------------|---------|--------|-------------------|------|
| 1  | 盾柱木  | 辛亥路臺大校門口         | 26      | A (全倒) | A4 (腐朽)           |      |
| 2  | 鐵刀木  | 辛亥路臺大校門口         | 11      | A (全倒) | A4 (腐朽)           |      |
| 3  | 鐵刀木  | 辛亥路臺大校門口         | 8       | A (全倒) | A4 (腐朽)           |      |
| 4  | 盾柱木  | 辛亥路二段 225 號      | 13      | A (全倒) | A6 (逆境)           | 樹穴太小 |
| 6  | 盾柱木  | 辛亥路二段 213 號      | 10      | A (全倒) | A4 (腐朽)、A1 (淺根)   |      |
| 7  | 小葉欖仁 | 辛亥路二段 185 號      | 34.2    | B (莖斷) | B2 (風場)、B7 (頭重)   |      |
| 8  | 艷紫荊  | 和平東路二段 76 巷      | 18.2    | B (莖斷) | B2 (風場)、B8 (頭重)   |      |
| 9  | 艷紫荊  | 和平東路二段 76 巷 31 弄 | 28      | B (莖斷) | B2 (風場)、B7 (頭重)   |      |
| 10 | 盾柱木  | 建國南路龍門國中游泳池門口    | 29      | A (全倒) | A4 (腐朽)、A5 (白蟻)   |      |
| 11 | 鐵刀木  | 龍門國中校門口          | 11      | A (全倒) | A6 (逆境)           | 土球太小 |
| 12 | 白千層  | 和平東路與瑞安街停車場      | 70      | B (莖斷) | B4 (腐朽)、B9 (寄生雀榕) |      |
| 13 | 白千層  | 和平東路與瑞安街停車場      | 56      | B (莖斷) | B4 (腐朽)           | 樹瘤   |
| 17 | 黑板樹  | 大安森林公園           | 32      | A (全倒) | A1 (淺根)           |      |
| 18 | 垂葉榕  | 大安森林公園           | 50      | C (枝斷) | C7 (頭重)           |      |
| 19 | 垂葉榕  | 大安森林公園           | 35      | B (莖斷) | B7 (頭重)           |      |

因為樹木之所以風倒，並不一定只有單一害因，故每一株皆先記錄其為單一害因或複合害因。在統計上，是先把全部 210 株之風倒害因，

分成「單一害因」及「複合害因」，並依其受害 4 級別（A 級全倒、B 級莖斷、C 級枝斷及 D 級傾斜），探討其 8 類害因之佔比，其結果列如表 3。

表3、臺北市颱風造成樹木倒伏或斷枝與8種害因分成單一害因與複合害因之分析及其佔比

| 風倒級別        | 8 種害因之株數 |      | 1 淺根 | 2 風場 | 3 褐根 | 4 腐朽 | 5 白蟻 | 6 逆境 | 7 頭重 | 8 外傷 | 小計  |
|-------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| A （全倒）      | 83       | 單一害因 | 9    | 0    | 10   | 13   | 0    | 9    | 3    | 0    | 44  |
|             |          | 複合害因 | 26   | 4    | 1    | 8    | 1    | 30   | 7    | 2    | 79  |
| B （莖斷）      | 80       | 單一害因 | 0    | 0    | 0    | 22   | 0    | 0    | 31   | 0    | 53  |
|             |          | 複合害因 | 0    | 22   | 0    | 13   | 0    | 1    | 12   | 2    | 50  |
| C （枝斷）      | 43       | 單一害因 | 0    | 2    | 0    | 3    | 0    | 0    | 8    | 0    | 13  |
|             |          | 複合害因 | 0    | 8    | 0    | 3    | 0    | 0    | 28   | 1    | 40  |
| D （傾斜）      | 4        | 單一害因 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1   |
|             |          | 複合害因 | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 1    | 0    | 6   |
| 單一害因小計      |          |      | 9    | 2    | 10   | 38   | 0    | 9    | 43   | 0    | 111 |
| 複合害因小計      |          |      | 29   | 34   | 1    | 24   | 1    | 33   | 48   | 5    | 175 |
| 害因加總小計      | 210      |      | 38   | 36   | 11   | 62   | 1    | 42   | 91   | 5    | 286 |
| 害因加總後之佔比（％） |          |      | 13.3 | 12.6 | 3.8  | 21.7 | 0.4  | 14.7 | 31.8 | 1.7  | 100 |



由上述表 3 之統計，已將「單一害因」與「複合害因」之各害因加總，再計算 8 類害因之佔比，結果害因複計加總共為 286 母數，而 8 害因中佔比最高者為（7）頭重，或樹冠過重，佔 32%，其次是（4）腐朽佔 22%；再次是（6）逆境、（1）淺根及（2）風場，此三者的重要性在伯仲之間，分別佔 15%、13% 及 13%。其他較少者為（3）褐根佔 4%，（8）外傷佔 2%，（5）白蟻 < 1%。此些結果與國外多篇報告指出，樹冠體積較大的樹木，在風災來襲時所受的傷害及帶來的危險性，比樹冠體積較少者為大的結果十分吻合。此也顯示臺北市最大的風倒害因，是「頭太重」或「樹冠過重」。相反地，假如樹枝、樹冠等地上上半部，與莖部之下半部能均衡發展，則在對抗強風時，將較不容易風倒。換言之，如在颱風前參考行道樹樹穴之大小或評估樹木根系的生長情況，予以適當修剪，應可減少此類害因造成之風倒。進一步之分析，可知在樹冠過重，佔比 32% 中，有 43/91 即 47% 屬於單一害因，約佔全數之一半。

此表示單因樹冠過重，即足以造成樹木在颱風下的風倒。

樹木之腐朽一般可分成樹幹腐朽及根部腐朽兩種，兩者皆是都市樹木及森林樹木風倒的一大元兇。由上述表 3 之統計，被樹醫判定第二大的風倒害因是（4）腐朽，其「單一害因」與「複合害因」共列加總之佔比為 21.6%。進一步分析發現其中有 38/62 即 61% 是「單一害因」，且絕大部分的倒伏為 A 級全倒或 B 級莖斷級別。此可說明害因（4）腐朽中，單一之「腐朽」已足以在強風吹襲之下造成 A 級全倒或 B 級莖斷，這些害因（4）腐朽，在實況下可觀察到「樹幹斷裂面出現變色、變形、腐敗等腐朽徵狀」（如圖 5）。此些在平時並不容易被發現，所以是一潛伏的重大風倒害因。對此一潛伏之風險害因，建議應該在平時進行樹木健檢，及早進行診治，以防範於未然。

第三類的風倒害因是（6）逆境、（1）淺根及（2）風場，這 3 者「單一害因」與「複合



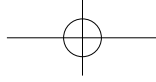


圖 / 大山影像

害因」共列加總之佔比，分別為 14.7%、13.3% 及 12.6%。顯示此 3 者的重要性在伯仲之間。較特別的是，此 3 類害因中「複合害因」都比「單一害因」的佔比高出甚多，例如 210 株樹木中共有淺根害因者 38 株，其中有 35 株為 A 級全倒，且在 38 株中有 27 株是「複合害因」，佔 76%。很類似的是（6）逆境的情況，其在 42 株中有 30 株是「複合害因」，佔 79%，至於（2）風場的狀況，其在 36 株中有 34 株是「複合害因」，佔 94%。

上述「（6）逆境、（1）淺根及（2）風場」三者間應有密切的關連性，其中（1）淺根是指植物之根系先天偏向水平生長，例如榕樹、垂榕、印度橡膠等，其淺根特性自然容易因為抓地力之不足而造成 A 級全倒。此由表 3 可以看出端倪。至於（6）逆境是指人為在栽種

時未給予足夠的樹穴，或樹穴過小或土質惡劣或其他不良立地環境等，這些皆會阻礙根系之拓展，一樣會造成抓地力之不足及造成 A 級全倒。惟在（2）風場方面，其主要是因四周有高樓或街道形成風力超強之「風口」效應，經分析 210 株中共有 36 株有此害因，而其加害級別以 B 級（莖斷）居多，共為 22 株，次為 C 級（枝斷）佔 10 株，兩者合佔 89%。因為，淺根、風場、逆境等 3 害因彼此有密切的關連性，故在預防風害方面，應共同列入管理，或稱「整合性管理」，包括應同時採取：（a）選擇深根樹種、（b）增大樹穴、（c）風前適當之修剪，以避免風口效應之加害。

在「樹木黑死病」，即（3）褐根害因方面，本次調查 210 株中，發現有 11 株為（3）褐根害因所為害，現場都可診斷遭受褐根病感染之

病徵或病兆，此 11 株全部屬於 A 級全倒，雖然只佔 3.8%，但其中 10 株即 91% 為「單一害因」，這說明樹木一旦患有褐根病，對於對抗颱風的能力即會大大弱化。惟值得一提的是，因為樹木褐根病平常即具風險且會傳染，故在平常一旦被發現，業主常會立即砍除或移除，較不會等到颱風季節才風倒，故此次只調查到 4% 左右之佔比。

至於在「(8) 外傷」的害因中，在 210 株中只佔 1.7%，共是 5 株；且這 5 株皆有「複合害因」，佔 100%。即此些外傷多同時發現有腐朽情況，應該是因為外傷引致腐朽之情況，並弱化樹木的抗風能力。最後在「(5) 白蟻」害因方面，本次調查 210 株中只發現 1 株染患白蟻，在整體中僅佔 0.4%，似乎並非重要害因。

以上總結，樹冠過重、腐朽、逆境、淺根、風場，是本次蘇迪勒颱風造成樹木倒伏的 5 大害因。其中樹冠過重、逆境、淺根、風場四者屬於非傳染性害因，其總佔比達 74.2%。「(4) 腐朽」及「(3) 褐根」則屬於「傳染性害因」，其佔比合計為 25%，表示有 1/4 的受害是與樹木病蟲害相關。

基於上述，建議對樹冠過重、逆境、淺根、風場 4 個非傳染性害因，應加強研究及改善，以減少災害之發生；即解決此些生理問題，當可大幅度減少因為颱風造成的樹木倒伏。但樹木病蟲害一般也會造成嚴重的倒伏，且多屬平常潛伏問題，其相對的風險自然更高，故也應該加強樹醫之健檢、診斷、防治等工作，期望可以因此減少憾事發生。

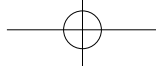
本次研究另進行了臺北市主要樹種因颱風受害各害因之佔比分析，本項是自上述 210 案例中，選取被記錄達到或超過 10 株案例之樹種共 8 種，即分析比較這 8 種代表性樹種，因颱風受害各害因之佔比分析，同時自文獻資料中收集各樹種之「木材密度比」，納入比較及分析。由於本研究並沒有限定其區域，所列的樹種是隨機的，故應能符合臺北市主要樹種的實況。經選取的樹種分別為榕樹、臺灣欒樹、黑板樹、白千層、垂榕、盾柱木、茄苳及美人樹，而各樹種因颱風風倒各害因之佔比分析結果如表 4。

以上述 8 種樹種進行比較，可知黑板樹、垂榕、茄苳及美人樹的風倒情況當中，超過或接近 50% 的個案都是由 (7) 頭重所致，故建議

表4、臺北市主要8種樹種因颱風受害各種害因之佔比分析

| 樹木種類 | 案例株數 | 木材密度比* | 8 種害因之害因加總佔比 (%) |           |           |           |           |           |           |           | 小計  |
|------|------|--------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
|      |      |        | (1)<br>淺根        | (2)<br>風場 | (3)<br>褐根 | (4)<br>腐朽 | (5)<br>白蟻 | (6)<br>逆境 | (7)<br>頭重 | (8)<br>外傷 |     |
| 榕樹   | 32   | 0.39   | 26               | 5         | 16        | 5         | 0         | 20        | 28        | 0         | 100 |
| 臺灣欒樹 | 30   | 0.6    | 4                | 35        | 2         | 35        | 0         | 12        | 12        | 0         | 100 |
| 黑板樹  | 14   | 0.36   | 7                | 7         | 0         | 33        | 0         | 0         | 53        | 0         | 100 |
| 白千層  | 13   | 0.63   | 5                | 21        | 0         | 48        | 0         | 5         | 21        | 0         | 100 |
| 垂榕   | 11   | 0.65   | 8                | 0         | 15        | 8         | 0         | 8         | 53        | 8         | 100 |
| 盾柱木  | 12   | 0.62   | 22               | 0         | 0         | 33        | 6         | 27        | 6         | 6         | 100 |
| 茄苳   | 10   | 0.63   | 0                | 0         | 0         | 8         | 0         | 17        | 58        | 17        | 100 |
| 美人樹  | 10   | 0.39   | 12               | 41        | 0         | 0         | 0         | 0         | 47        | 0         | 100 |

\*木材密度比引用自World Agroforestry Centre (2015) Wood density. Tree Functional Attributes and Ecological Database.  
<http://www.worldagroforestry.org/>。



在颱風季節前應作適當的修剪。於 8 種樹種當中，白千層及盾柱木等似乎較易受到（4）腐朽或病蟲害的威脅，例如白千層的案例當中有 48% 是腐朽引起的問題，而盾柱木也有 33%，相反地盾柱木因頭重而引起的風倒情況會比較低，只佔 6%，相信這與盾柱木的樹冠形狀有關。

臺灣欒樹在臺北市本次調查風倒的案例數僅次於榕樹，是相對案例數較多的品種，但部分的原因是因為臺北市種植臺灣欒樹的數量本就較多，故將其風倒與總案例數相比後其風倒率並不算高。在本次調查臺灣欒樹主要的風倒害因中，腐朽及風場問題各佔 35%，而腐朽的問題就需要專業的樹醫進行診斷，若發現有腐朽情況，應依賴專業的評估以進行防治或處理之措施。至於如何避免造成「風口效應」問題，相信是十分難以解答的問題，因為無法事先確定颱風來襲時主要路徑及主要風向，唯一可預防的是應避免在一再發生「風場傷害」的路口，種植易受風害的樹種。

上述 8 種樹種中，最值得關注的是榕樹風倒原因的多樣性，計有（7）頭重、（1）淺根、（6）逆境及（3）褐根等，各有百分之 28、26、20、16 的佔比，至於（2）風場及（4）腐朽的個案則各佔 5%。此似顯示榕樹的生長及維護需要較多方面的考量，例如榕樹及垂榕是常被發現會因褐根病而倒伏的樹種，即表示這二品種對褐根病是較感病的樹種。

本次研究亦嘗試探討樹木的木材密度與風倒發生率間的關係，例如表 4 共 8 種樹木中木材密度比較低者有黑板樹、榕樹及美人樹，分別是 0.36、0.39、0.39，而較高者有其他之垂榕、茄苳、白千層、盾柱木、臺灣欒樹等，木材密度比為 0.65 至 0.6。由上述表 4 似無法看出木材密度比與 8 種害因間之關聯性。

筆者另將此 8 種主要樹種與 4 級風倒級別進行比較及分析，其結果如表 5。

表5、臺北市主要8種樹種與颱風風倒級別間的關係分析

| 樹木種類 | 案例株數 | 木材密度比* | 4 種風倒級別之佔比 (%) |           |           |           |
|------|------|--------|----------------|-----------|-----------|-----------|
|      |      |        | (A)<br>全倒      | (B)<br>莖斷 | (C)<br>枝斷 | (D)<br>傾斜 |
| 榕樹   | 32   | 0.39   | 66             | 3         | 31        | 0         |
| 臺灣欒樹 | 30   | 0.6    | 33             | 54        | 13        | 0         |
| 黑板樹  | 14   | 0.36   | 14             | 72        | 14        | 0         |
| 白千層  | 13   | 0.63   | 15             | 85        | 0         | 0         |
| 垂榕   | 11   | 0.65   | 27             | 18        | 55        | 0         |
| 盾柱木  | 12   | 0.62   | 67             | 25        | 0         | 8         |
| 茄苳   | 10   | 0.63   | 30             | 10        | 60        | 0         |
| 美人樹  | 10   | 0.39   | 20             | 20        | 60        | 0         |

\*木材密度比引用自World Agroforestry Centre (2015) Wood density. Tree Functional Attributes and Ecological Database.  
<http://www.worldagroforestry.org/>。

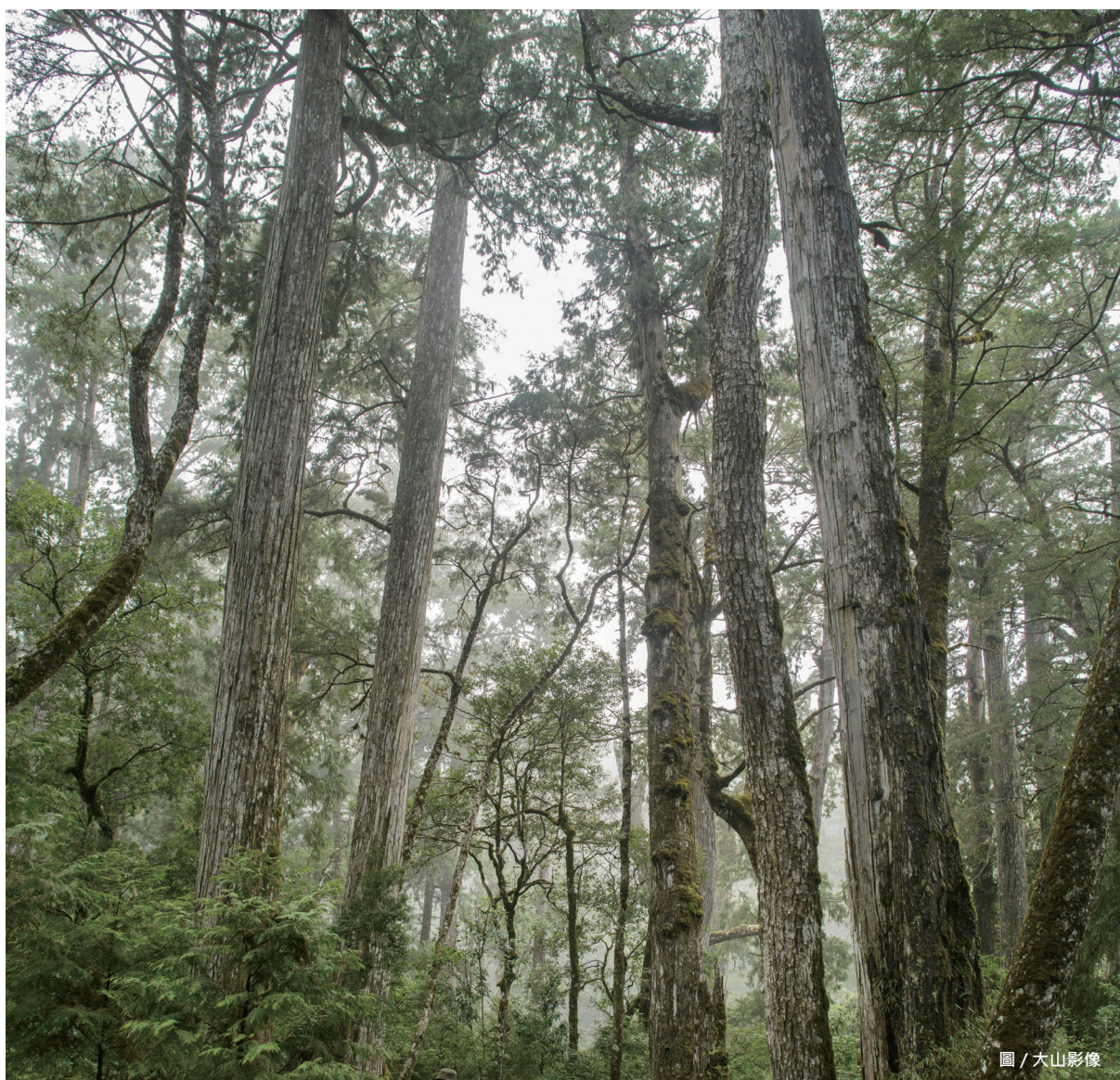
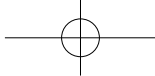
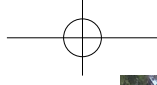


圖 / 大山影像

由表 5 可知，在本次調查的 8 種樹種中，木材密度比較低之黑板樹、美人樹，有較高比例的「莖斷 + 枝斷」，兩者各為 86% 及 80%。在同一體積的木材中，密度比愈大者表示其重量愈高，木質細胞愈多，木材硬度愈大。相反地，木材密度比較低者表示其枝條較脆弱，容易折斷，因此可以合理推斷木材密度比愈小，樹木的抗風能力愈低，在對抗颱風中，發生（B）莖斷及（C）枝斷的機會較大。

然而，本次調查研究的樹木案例數雖達 210 株，但與全市風倒兩萬株相比並不算多，加上沒有在颱風吹襲之前即收集樹木之健康狀況等相關資料，故尚無法利用「木材密度比」做為抗風能力篩選或評估之依據。而有研究指出，樹木在對抗颱風的實際情況下，可以戰勝的最高風速會比使用科學方法測得樹木可接受的抗風能力為低，說明目前之科學技術仍力有未逮，即尚無法以簡單的模式，模擬評估樹木在颱風下的抗風實況或能力。



## 檢討及展望

本次研究已進行兩年，主要目的是在觀察樹木的風倒害因，並測試相關診斷技術之可行性。本研究所使用的表 1 診斷紀錄表的設計，為因應臺灣之實況，加入腐朽、白蟻、褐根病、淺根、風場等內容，相對於國外的調查項目，應更加完整，並能符合臺灣的實際情況。

颱風風倒乃天然災害，經參考國外的相關研究，其對於森林以及行道樹的個別樹木抗風能力之測試已經十分成熟，在近十幾年間，不少國外的研究團隊甚至已建立了一些針對風倒問題的模型理論，例如 HWIND、Forest GALES 等，用以預估樹木的受颱風或颶風影響的風險。然而，能夠達到這樣的成果，當需收集大量的案例紀錄及數據，時間長達 10 年至 15 年，方能統計分析各種樹木的個別特性及建立完整的模型理論。目前，臺灣對於風倒樹木的研究仍然極其不足，故仍有賴各專業單位投入更多的人力及資源，以求建立一個適合臺灣的颱風樹木風險模型或評估方法，以供保障樹木和人車在颱風季中的安全與福祉。🌲



圖 / 大山影像