

以 VTA 法進行台中市綠園道行道樹之危險度評估

黃敏碩¹⁾ 劉東啟²⁾

關鍵字：行道樹、危險度診斷、VTA

摘要：為了察覺與改善具潛在危險的行道樹，提高城市生活的安全性，行道樹危險度檢測與評估工作勢在必行。故本研究以 C.Mattheck 學者提出的視覺樹木診斷法(VTA)為基礎，實際進行台中市綠園道行道樹之危險度調查與評估。以「可能對人產生危險」的徵狀為調查目標，進行已發生危險度與潛在危險度兩階段調查，將各危險徵狀的平均出現率以及其傷害程度加乘計算，即得到「危險度指數」。研究結果顯示，已發生危險度指數最高者為文心路樟樹樣區，數值為 10.4；潛在危險度指數最高者為興大園道黑板樹 C 樣區，數值為 12.2。危險度指數最高的樹種為黑板樹，數值為 30.4；危險度最低的樹種為台灣欒樹，數值為 9.0。VTA 視覺診斷項目中，潛在危險度最高者為「V 字夾角主幹」，數值為 82.8；危險度最低者為「根系不穩固」，數值為 8.0。

前 言

行道樹健康茁壯是我們所期盼的，健康安定的行道樹，對於都市環境與氣候、居民生活品質、市容綠美化、汙染抑制等各方面都有相當大的助益。但建築物、道路、公園設施、地下水道或管線、不良植穴等，對行道樹的生長造成許多環境逆境，使樹木的生長型態與結構產生安全性的顧慮。在我們生活周遭的行道樹，因樹幹倒伏、枝條斷落而傷人的情形屢見不鮮，街道的交通安危及行人的生命財產安全也因此承受了莫大的威脅。行道樹倒塌壓傷行人、損毀建築物、汽車車禍等報導更時有耳聞。

國家賠償法第 3 條第 1 項規定：「公有公共設施因設置或管理有欠缺，致人民生命、身體或財產受損害者，國家應負賠償責任。」，所謂「公共設施」，包括道路、公園、綠

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

地廣場等設備，當然亦包含行道樹在內。因行道樹屬於公共設施，其設置及管理皆與人民的生命、身體、財產息息相關，管理單位有義務確保樹木的健康與行人的安全。因此當行道樹發生崩壞傾倒，產生危險衍生法律責任時，國家即應負賠償責任。

因行道樹而造成的財產損失與安全顧慮，其實是可以、也應該被察覺並防範的，也正因為如此，定期的行道樹危險度檢測顯得格外重要。如果能夠在災害發生之前進行檢測，早一步診斷出具危險性的行道樹，便能及早處理與防備。而行道樹的管理單位更是有責任盡心盡力於此任務。

在國外，行道樹危險度檢測的發展已具相當的規模；反觀國內，相關單位並沒有積極的正視行道樹不斷釀成意外這個事實。文獻與法規中極少有相關之研究與規範，甚至從過去的一些相關報導可以得知，管理單位時常將行道樹的危險歸咎於天災。因此，希望藉由本研究，利用簡易的行道樹危險度檢測與評估方法，進行台中市綠園道行道樹之危險度測定，並深入瞭解形成危險樹木的原因，進而改善現況。

文 獻 回 顧

一、樹木視覺診斷法(Visual Tree Assessment)

樹木視覺診斷法簡稱 VTA 法，為德國的 Claus Mattheck (1993)所提出。其概念為，整合樹木的組織構造、木材力學強度與生物學理論，以綜合性的目視觀察，判斷樹木結構與生長狀況優劣的診斷法，亦是評定危險度的基準。對於定義具損傷危險度的樹木時，我們必須先瞭解樹木生長的構造與原理。VTA 法最重視的部分為從樹幹、粗枝、根的膨脹，或是傷口、突起、裂開等外觀上的異常進行深入觀察，以幫助我們解釋並察覺無法預測的樹木問題，包括潛在的危險性。再者，屋頂薄層綠化介質的厚度影響植栽的生長，所以水分有無提供是很重要的(詹明勳，2006)。

(一)、樹體結構

樹體結構對於荷重(load)能夠有效的分散，樹冠類似於航行中船隻的帆，枝葉承受風力後將力量傳導到大的枝條並向樹幹傳導；而樹幹可以比喻成船桅，將樹冠所承受的力量收集以後向根部傳導；根系則是船隻的航行在非常高黏性的土壤海中，根系定植入土壤中類似於錨(anchor)的作用，將樹幹傳導至根部的荷重於大根、細根分散，最終全部風荷重被周遭的土壤吸收。樹體結構則有賴於我們對於其生物學及力學的瞭解。

(二)、樹木力學

正常型態下，樹木本身所受到應力分佈是平衡的。當樹木損傷時便嘗試著復原到應力均一化(Axiom of uniform stress)的狀態，其反應便是在局部形成寬厚的年輪，以維持損傷部位原先具有的支持力，使我們可以認出傷害缺陷修補(Repair)後的症狀。例如樹木表面裂傷的症狀是像突起的一條肋骨，空洞或軟性腐朽的症狀樹幹表面會鼓起或膨脹腫大。

VTA 理論在樹木力學這部份特別強調一點，樹木結構體會因內部或表面上其中一點的應力超過臨界值而損壞。一般而言，設計巧妙的結構體，如常態下健康生長的樹木，不會發生應力集中的問題。通常這樣的結構體在承受荷重時，應力會平均分布，因此沒有任何一處部位會承受較多的荷重。相反的，若是「缺陷結構體(flawed structure)」，可能會有局部承受大量應力的情形。而我們也可透過此缺陷構造來預測損壞，如樹幹的中空腐朽。

(三)、樹木生理

在 VTA 視覺診斷過程中，對於樹幹組成和樹木器官各部位生理功能的理解是相當重要的一點。樹幹由木質部(心材與邊材)和韌皮部，形成層和樹皮組成。其具備支撐整個樹體的功能，木質部和韌皮部影響著葉子和根之間的水養分運輸。形成層幫助傷口癒合與促進生長；樹皮保護整個樹幹擋住細菌和害蟲的攻擊。

(四)、VTA 視覺診斷重點概念

1.樹幹生長與異常腫脹

若樹木出現局部膨脹肥大的徵狀，則可能是因內部的腐朽空洞或木材纖維損傷等結構異常所致，而出現此異常腫大現象的樹木通常具有斷折的疑慮。

2.纖維龜裂

強風的吹襲或是樹木失去重心後的持續性傾斜等外力，常造成樹幹結構出現縱向裂痕，此時健康樹木的形成層會反應增生更厚的組織去修補力學不足的地方，而形成有如龍骨般的帶狀隆起。因此觀察到異常隆起徵狀，即顯示了裡頭潛藏著纖維的龜裂與樹木的不穩定因子。若出現龜裂缺陷後，樹木沒有辦法在龜裂痕上快速增長新的年輪，形成強化的隆起結構，便可能會因為更多的外力干擾，而產生剪斷狀龜裂的嚴重後果，如同兩片板子從中間錯開，特別是傾斜樹木最常出現此種傷害。

此外，斜向的龜裂痕也很常見，特別是移植後的樹木。樹木維管束會隨著風的吹拂搖動、旋轉，經年累月下便形成一固定的螺旋狀結構體。當環境在短時間內改變時，風向、外力也可能隨之變化成為反向的作用力，樹幹可能因此而輕易的斷裂。

3.腐朽空洞

正常情況下，腐朽菌並沒有主動入侵樹木體內的能力，因此腐朽現象的發生，主要來自於修剪、工程、割草機、風襲等各種外力所造成的傷口。而不當的修剪，更會製造一個腐朽菌易於進入的途徑，導致更嚴重、範圍更大的腐朽。

嚴重中空腐朽的樹木，若其腐朽速率高於自身增長補強的速度，樹體結構將日漸衰弱，如同軟水管般不安定，非常容易彎折倒塌。但相反的，若樹木生長勢健康良好，組織的增長速率快又多於腐朽，空洞結構的危險性便會逐漸降低。因此，樹勢的維持與提升對於改善腐朽空洞危險性有很大的助益。

4.V 字夾角主幹

兩支(多支)樹幹間的夾角狹窄且具側向突起者，稱為 V 字夾角雙(多)主幹。當樹木幼小時，尚有足夠的側向生長空間，主幹彼此間影響小。但隨著樹木生長茁壯、年輪逐漸增

生，主幹間便開始互相推擠，推擠程度年復一年的增加。且為了競爭更多陽光與樹冠伸展空間，主幹會各自產生向外傾斜生長的趨勢，又因主幹間包夾了樹皮，使樹幹與樹幹間幾乎毫無木質結構的連結力，僅有最外層幾圈的年輪薄薄的包覆著主幹。如此脆弱的分叉結構，很容易因為外力而分裂，且V字夾角的主幹分支長得越巨大，穩定狀態也越不樂觀。

在V字夾角發生斷裂前，我們可從一些外觀徵狀察覺。因包夾樹皮的狹窄分叉無連結力，如同樹幹內部產生纖維龜裂痕一般，樹木同樣會為了回復應力均一化而增生更多的組織以強化結構。因此V字夾角處兩側都會形成如同大耳朵般的尖鼻狀隆起。

另外，當雙(多)主幹已經開始向外彎曲時，分叉處的內外兩側分別會出現龜裂痕與樹皮皺褶的現象。樹幹向外生長的拉力使分叉處逐漸分離而生成裂縫；對外側的樹皮而言，樹幹向外傾斜產生了向下的推擠力道，因此會造成樹皮的皺褶。若同時觀察到這些徵狀，表示這棵樹木的V字夾角已經相當危險了。

5. 根系不穩定

樹木為了適應棲地環境的風，根系通常會反應增生變得又寬又長以穩固樹體，但並不是所有方位的根都會出現此反應。闊葉樹生長特性屬於拉拔材，因此闊葉樹迎風側樹根會變得粗大來拉住自己；而針葉樹屬於支撐材，因此背風側的根系會強化抵擋風襲。

若樹木根系有此偏向增長的現象，但卻因鑿溝、管線設置等挖掘工程而嚴重破壞，導致大量的支持根系受損，更可能因斷根而形成腐朽菌易於入侵的傷口，使主根腐朽而失去穩定性。另外，當環境瞬間改變時，如颱風、周邊建築物拆除或興建、移植等，樹木可能會遭遇與過去完全不同的荷重。此時薄弱的根系將無法抵擋相反方向的強風而倒塌。

若觀察到根系周圍的地盤土壤出現異常龜裂痕，或根盤與土壤分離、浮出地面，表示這棵樹已失去根與土壤之間的連結力，無法再承受強風的荷重，非常容易傾倒造成危險。

另一種根系不穩定的情形為，當樹木的土壤過度鬆軟或流失，就算地上部處於直立狀態，看似穩固也並不安全。在這種情況下，土壤上出現越多龜裂的痕跡表示樹木越不穩定，隨時可能倒塌。

6. 異常傾斜的樹木

一般而言，傾斜樹木的木材會較鬆弛，其有可能是高溫下水分不足，或是樹勢衰退所造成。樹勢衰弱的傾斜木，傾斜角度會因漸進現象而增加。而在此危險狀態下的傾斜樹木，樹皮會有所異常。彎曲部位之拉拔側的樹皮出現開裂情形；受壓縮側則出現擠壓皺褶。更嚴重的情況下，拉拔側的樹皮則會大量剝落，並呈現三角形的形狀。有時甚至會因樹木左右半部的上下剪力而產生縱向的龜裂痕，如同凹折的書本般錯開。此現象亦代表這樹木具有高度的危險性，隨時都可能倒伏。

除了結構損壞的樹木傾斜外，還有另一種常見的「風倒」傾斜現象。其發生通常伴隨著根球的歪斜、錯位，非常不穩定，因此發生初期相當危險。但若是經過一段時間後，樹木已出現向上生長、自然扶正的趨勢，土壤的段差變得不是很明顯，並形成新的根系，則表示樹木並無持續傾斜且有回復正常生長的跡象。

樹木的倒斜現象與根系發展不健全有關。當根系生長不良或受損，導致地上部與地下部比例失衡時，樹木重心即上移，再加上根系抓持力差，便很容易倒伏。

7.樹皮紋路

對樹木管理人員而言，樹皮的觀察是樹木檢測很重要的部分。樹皮的剝離代表局部的樹皮被拉扯，也就是樹皮承受相當大的荷重。當樹木局部性的應力升高，會使年輪異常的增厚以達到應力均一化，此時外層樹皮會產生脹裂、皺褶等現象，此種因枝幹異常肥大而產生的樹皮紋理稱為 Increment strip。就如同撐起肚皮，襯衫被撐開且有皺褶的感覺。而形成此現象的原因有很多種，因腐朽或纖維斷裂造成異常的腫大與突起為最常見。

如前項所述，樹木傾斜的角度越來越大時，樹幹前後兩側的樹皮分別會出現明顯的壓縮皺褶與拉扯剝落現象，故樹皮紋理變化亦能幫助我們解釋樹木傾斜的方向與嚴重程度。

8.徒長不定枝

徒長不定枝的形成，主要是因為不當的修剪造成頂芽優勢消失，頂端的修剪傷口處便開始大量冒芽，最後成為許多叢生的枝條。這些不定枝是樹木為了補給養分，而匆促生長出來的枝葉，因此它們並不是牢固地連接在樹幹髓心上，其結構正如其名，相當不穩定、不安全、容易折斷。這些無結構性的不定枝，未來更可能成為危險的 V 字夾角雙(多)主幹。此種現象，尤其以去頂式強剪最容易出現。

9.危險枝條

錯誤的修剪手法會產生具危險性的腐死枝。樹木的新陳代謝循環中，會淘汰失去活力、無競爭力的老枝，這些枯老枝條並不會立即掉落而宿存於環枝組織上，待腐朽潰爛至一定程度後才會因風力等外力而掉落。這些留存於樹上的腐朽枯枝就如同危險的不定時炸彈。

研究方法

一、研究對象

(一)、綠園道範圍

台中市都市計畫劃定之園道共有 13 條，而市政府於 2006 年出版的台中市主題行道樹導覽手冊中，則彙整了 24 條與園道性質相仿的賞樹路線。因此，為了使調查面積與樣區分佈範圍擴大，本研究選定調查範圍的部分，狹義範圍為都市計畫中定義之園道以及 24 條賞樹道路；但廣義上則涵蓋台中市內所有綠園道。

依據 13 條園道以及台中市主題行道樹導覽手冊的 24 條綠園道列表，於兜風賞樹道、社區園林道、魅力翠綠廊三種類型中，隨機選擇綠園道作為調查區域。

(二)、樹種對象

依據台中市行道樹各樹種的數量統計表，與選定的十條綠園道之主要行道樹種交疊比

對，選擇各路段佔有比例高、數量最多的行道樹。

根據台中市政府調查製作的行道樹查詢管理系統(2002)，統計得知台中市行道樹總數量最多的前 20 種樹種，由多至少分別為黑板樹、樟樹、印度紫檀、垂榕、榕樹、台灣欒樹、小葉欖仁、華盛頓椰子、柳樹、艷紫荊、掌葉蘋婆、塔型榕、茄冬、桃花心木、美人樹、大王椰子、烏柏、水黃皮、山櫻花、阿勃勒。將綠園道主要樹種與行道樹統計表交叉比對後，選擇以黑板樹、樟樹、印度紫檀、垂榕、台灣欒樹、小葉欖仁、艷紫荊、阿勃勒 8 樹種作為本次研究的調查對象。

綠園道行道樹的栽植方式皆為單一樹種列植，因此將一種樹種設定為一個樣區。分別為(1)建國南園道垂榕、(2)建國南園道艷紫荊、(3)經國園道樟樹、(4)經國園道黑板樹、(5)經國園道阿勃勒、(6)經國園道小葉欖仁、(7)經國園道台灣欒樹、(8)美術園道印度紫檀、(9)大容東西街垂榕、(10)公益路印度紫檀、(11)興大園道黑板樹 A、(12)興大園道黑板樹 B、(13)興大園道黑板樹 C、(14)土庫溪沿岸樟樹、(15)土庫溪沿岸艷紫荊、(16)麻園頭溪沿岸小葉欖仁、(17)文心路樟樹、(18)太原路園道黑板樹、(19)太原路園道垂榕、(20)太原路園道台灣欒樹，共 20 個樣區。

二、研究方法與調查項目

利用樹木的斷裂、倒伏等徵狀調查記錄，計算為已發生危險度；並以 VTA 法進行行道樹檢測，調查其潛在危險度；綜合兩者現況以推定、評估綠園道行道樹「未來」的危險度以及「過去」造成危險的根本原因。

調查分為兩部分：第一階段為已發生危險度調查，調查綠園道行道樹已發生危險徵狀的數量，以計算發生頻率，作為衡量危險程度的標準，乃「過去之危險度」。第二階段為潛在危險度調查，以 VTA 法視覺診斷理論實際進行行道樹調查，檢測具有潛在危險性的樹木部位與數量，此部分為「未來之危險度」。最後，綜合各樣區之已發生與潛在危險度以進行評估與比較，並探討造成危險行道樹的原因，提出改善與建議。

(一)、已發生危險度調查

將行道樹可能造成危險的情況分類，作為第一階段的調查項目，表列如下：

表 1. 行道樹危險徵狀分類

Table 1. Detection project of occurred dangerous

已發生危險徵狀調查項目	外觀型態描述
全株傾倒	整株行道樹倒伏，長度 5m 以上。
樹幹折斷	行道樹主幹折斷，調查對象包含雙主幹及多主幹之樹木，長度 3m 以上。
枝幹折斷	樹木的一次主枝，長度約 2~3m。
小枝折斷	二次抽伸的側枝，長度約 1~2m。

1. 平均出現率

危險的「出現率」是推估危險度的重要條件之一。枯枝斷落看似輕微，卻是最常見的情形；樹幹折斷、倒伏的傷害大，但也不容易發生。因此，以徵狀的出現頻率作為推估行道樹危險度的依據，是一種較為準確且客觀的方法。

故本研究探討的平均出現率，是指一種危險徵狀在一個樣區中出現的百分比，亦即將樣區內所有能觀察到某種危險徵狀之植株數量總和，除以該樣區行道樹之總株數。計算公式如下：

$$[\text{具危險徵狀之行道樹數量} / \text{樣區總行道樹數量} = \text{危險平均出現率}]$$

2. 頻率分數

為了避免最終分數呈現過於複雜，以及方便後續的計算作業，將危險徵狀的平均出現率百分比，以十進階級法為概念，簡化成由 0.1 至 10 的十三個級分(表 2)，即為一樣區之「頻率分數」。舉例來說，若建國南園道垂榕樣區的樹幹折斷平均出現率為 26.3%，則此樣區垂榕樹幹折斷的已發生危險度調查之頻率分數為「3」。

表 2. 頻率分數換算表

Table 2. Frequency score conversion table

頻率分數	百分比
0.1	< 1 %
0.2	1 ~ 3 %
0.4	3 ~ 5 %
1	5 ~ 15 %
2	15 ~ 25 %
3	25 ~ 35 %
4	35 ~ 45 %
5	45 ~ 55 %
6	55 ~ 65 %
7	65 ~ 75 %
8	75 ~ 85 %
9	85 ~ 95 %
10	95 ~ 100 %

3. 傷害程度分數

另一項影響行道樹危險度的重要因素，即斷落、倒下樹木的重量與體積，亦即樹木材積的概念。依照整棵倒伏的樹木、折斷的樹幹、斷落大枝幹與小枝條的尺寸大小排序，將其劃分成四個等級分數，分別為全株傾倒 4、樹幹折斷 3、枝幹折斷 2、小枝折斷 1。

4. 危險度指數

將樣區中某種行道樹的某種危險徵狀之「頻率分數」與「傷害程度分數」相乘並加總後，就可以得到此樹種樣區的「危險度指數」。

5. 影響因素

章錦瑜(2000)研究指出，不同樹種間之耐風程度是有明顯差異的，種植方式與種植地點亦須配合考慮，不同環境中的影響因子以及不同樹種間的生長特性皆不相同。因此，我們進行不同樣區與不同樹種、相同樣區不同樹種或相同樹種但不同樣區，皆必須分開獨立作業與計算，應避免將一樹種資料套用至所有相同樹種上而產生誤差。例如麻園頭溪沿岸小葉欖仁的調查數據顯示其樹幹折斷率高，並不表示經國園道的小葉欖仁同樣有高樹幹折斷率；太原路園道黑板樹的危險度高，亦不代表太原路園道的台灣欖樹也有高危險度。

(二)、潛在危險度調查

於 20 個樣區中，分別隨機選取 30 棵行道樹，進行 VTA 診斷。調查流程與第一階段的已發生危險度調查相同，首先進行各種徵狀的平均出現率調查，接著計算頻率分數並加成傷害程度分數，即可得知潛在危險度指數。由文獻中之 VTA 理論與視覺診斷重點，歸納出 11 項具即時危險性的檢查項目，為本研究第二階段潛在危險度調查主要調查目標。

表 3. 潛在危險度調查檢測項目

Table 3. Detection project of potential risk

VTA 檢測項目	對照已發生危險度調查項目分類
根系不穩定	樹幹傾倒
樹幹不自然傾斜	
樹幹內部腐朽徵狀	樹幹折斷
V 字夾角主幹	
樹幹異常裂痕	
樹幹中空腐朽	枝幹折斷
枝幹中空腐朽	
枝幹內部腐朽徵狀	
枝幹異常裂痕	小枝折斷
徒長枝	
危險枯枝	

因後續結果討論時，需要將此階段數據與已發生危險度調查數據進行比較，因此將 11 項 VTA 檢測項目對照已發生危險度調查的四個項目(見表 3)，依其部位分類為樹幹傾倒、樹幹折斷、枝幹折斷、小枝折斷四大類，方便後續的比較討論。

結果與討論

一、已發生危險度調查

表 4. 已發生危險度指數

Table 4. risk index of occurred dangerous

樣區 \ 危險度指數	樹幹傾倒	樹幹折斷	枝幹折斷	小枝折斷	Total
建國南園道垂榕	0.4	0.6	2.0	3.0	6.0
建國南園道艷紫荊	0.8	0.6	2.0	4.0	7.4
經國園道樟樹	0.4	0.3	2.0	2.0	4.7
經國園道黑板樹	1.6	0.6	2.0	5.0	9.2
經國園道阿勃勒	0.8	0.3	2.0	2.0	5.1
經國園道小葉欖仁	0.4	1.2	4.0	2.0	7.6
經國園道台灣欖樹	0.8	0.6	2.0	4.0	7.4
美術園道印度紫檀	0.4	0.3	0.8	1.0	2.5
大容東西街垂榕	0.4	0.3	2.0	2.0	4.7
公益路印度紫檀	0.4	0.3	2.0	2.0	4.7
興大園道黑板樹 A	0.8	1.2	4.0	4.0	10.0
興大園道黑板樹 B	0.4	0.6	2.0	3.0	6.0
興大園道黑板樹 C	0.4	0.6	2.0	2.0	5.0
土庫溪沿岸樟樹	0.8	0.3	2.0	3.0	6.1
土庫溪沿岸艷紫荊	0.4	1.2	2.0	2.0	5.6
麻園頭溪沿岸小葉欖仁	0.4	3.0	2.0	2.0	7.4
文心路樟樹	0.4	3.0	4.0	3.0	10.4
太原路園道黑板樹	0.4	1.2	2.0	4.0	7.6
太原路園道垂榕	0.4	0.6	2.0	1.0	4.0
太原路園道台灣欖樹	0.4	0.3	0.8	1.0	2.5
Total	11.2	17.1	43.6	52.0	123.9

已發生危險度調查中，危險度最高的五處樣區依序分別為文心路樟樹樣區(10.4)、興大園道黑板樹 A 樣區(10.0)、經國園道黑板樹樣區(9.2)、經國園道小葉欖仁樣區(7.6)、太原路園道黑板樹樣區(7.6)。危險度最低的三處樣區依序分別為美術園道印度紫檀樣區與太原路園道台灣欖樹樣區(2.5)、太原路園道垂榕樣區(4.0)。

其中，樹木傾倒項目危險度最高者為經國園道黑板樹樣區(1.6)；樹木折斷項目危險度最高者為麻園頭溪小葉欖仁樣區與文心路樟樹樣區(3.0)；枝幹折斷項目危險度最高者為經國園道小葉欖仁樣區、興大園道黑板樹 A 樣區與文心路樟樹樣區(4.0)；小枝折斷項目危險度最高者為經國園道黑板樹樣區(5.0)。

二、潛在危險度調查

表 5. 潛在危險度調查全樣區危險度指數統計表

Table 5. risk index of potential risk

樣區 \ 危險度指數	樹幹傾倒	樹幹折斷	枝幹折斷	小枝折斷	Total
建國南園道垂榕	0.4	1.4	1.0	1.5	4.3
建國南園道艷紫荊	2.2	1.7	1.0	1.0	5.9
經國園道樟樹	0.4	1.7	1.0	1.0	4.1
經國園道黑板樹	1.0	4.8	0.8	2.5	9.1
經國園道阿勃勒	1.0	0.5	0.8	1.5	3.8
經國園道小葉欖仁	0.4	0.8	1.4	2.5	5.1
經國園道台灣欖樹	0.4	1.0	0.4	1.5	3.3
美術園道印度紫檀	0.4	1.4	1.0	2.0	4.8
大容東西街垂榕	0.4	0.5	1.6	2.0	4.5
公益路印度紫檀	1.0	1.9	0.2	1.5	4.6
興大園道黑板樹 A	0.4	5.3	0.4	3.5	9.6
興大園道黑板樹 B	0.4	5.3	1.0	3.5	10.2
興大園道黑板樹 C	1.0	6.1	0.6	4.5	12.2
土庫溪沿岸樟樹	0.4	1.7	1.6	1.5	5.2
土庫溪沿岸艷紫荊	2.2	1.4	1.0	1.0	5.6
麻園頭溪沿岸小葉欖仁	1.0	1.2	0.4	1.0	3.6
文心路樟樹	1.0	3.3	2.0	2.5	8.8
太原路園道黑板樹	1.0	4.1	0.4	2.0	7.5
太原路園道垂榕	0.4	0.8	0.8	1.0	3.0
太原路園道台灣欖樹	0.4	1.0	1.0	0.7	3.1
Total	15.8	45.9	18.4	38.2	118.2

潛在危險度調查中，危險度最高的五處樣區依序分別為興大園道黑板樹 C 樣區(12.2)、興大園道黑板樹 B 樣區(10.2)、興大園道黑板樹 A 樣區(9.6)、經國園道黑板樹樣區(9.1)、文心路樟樹樣區(8.8)。危險度最低的三處樣區依序分別為太原路園道垂榕樣區(3.0)、太原路園道台灣欖樹樣區(3.1)、經國園道台灣欖樹樣區(3.3)。

三、已發生危險度調查與潛在危險度調查之比較

20 個樣區中，共有 16 個樣區之已發生危險度高於潛在危險度，佔全樣區之 80%。僅美術園道印度紫檀、興大園道黑板樹 B、興大園道黑板樹 C 樣區以及太原路園道台灣欖樹樣區，行道樹的潛在危險度反高於已發生危險度。而潛在危險度尚高於已發生危險度的四處樣區中，美術園道印度紫檀與太原路園道台灣欖樹樣區潛在危險度並不高；但興大園道黑板樹 B、C 樣區卻仍具高潛在危險度，應該持續關注並定期檢測其危險度指數的升降。

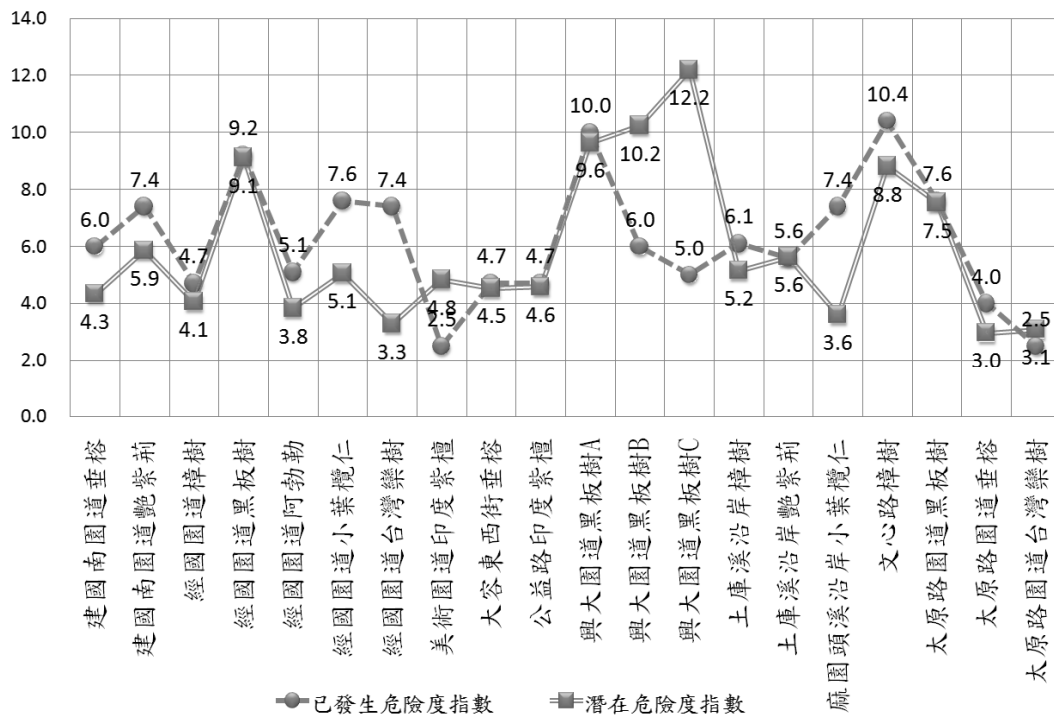


圖 1 已發生與潛在危險度指數比較圖

Fig. 1. Comparison chart of occurred dangerous and potential risk

颱風造成行道樹危險徵狀大量的發生，使潛在危險徵狀總數量銳減，因此正常狀態下，潛在危險度便可能因此降低。但若颱風過後行道樹的危險度仍然持續的上升、危險徵狀於下次颱風時又頻繁的出現，此情形表示造成行道樹發生危險的「根本原因」可能還存在。

四、樹種與樣區比較結果

(一)、不同樣區相同樹種之差異比較

- 1.垂榕樣區：建國南園道危險度最高(12.5)；太原路園道危險度最低(8.2)。垂榕的「危險枯枝」潛在危險度最高(6.0)；「V字夾角主幹」潛在危險度最低(0.9)。
- 2.艷紫荊樣區：建國南園道樣區危險度(16.0)高於土庫溪沿岸樣區(15.1)。艷紫荊的「樹幹不自然傾斜」潛在危險度最高(8.0)；「枝幹內部腐朽徵狀」潛在危險度最低(0.4)。
- 3.樟樹樣區：文心路樣區危險度最高(26.2)；經國園道樣區危險度最低(12.4)。樟樹的「樹幹中空腐朽」潛在危險度最高(9.0)；「根系不穩固」潛在危險度最低(1.2)。
- 4.黑板樹樣區：興大園道C樣區危險度最高(37.1)；太原路園道樣區危險度最低(23.7)。黑板樹的「V字夾角主幹」潛在危險度最高(72.0)；「枝幹內部腐朽徵狀」潛在危險度最低(1.6)。
- 5.小葉欖仁樣區：經國園道樣區危險度(13.0)高於麻園頭溪沿岸樣區(10.0)。小葉欖仁的「樹幹中空腐朽」潛在危險度最高(4.2)；「V字夾角主幹」潛在危險度最低(0.6)。
- 6.台灣欖樹樣區：太原路園道樣區危險度(9.1)高於經國園道樣區(8.9)。台灣欖樹的「樹幹內部腐朽徵狀」潛在危險度最高(4.2)；「V字夾角主幹」潛在危險度最低(0.6)。
- 7.印度紫檀樣區：美術園道樣區危險度(13.5)高於公益路樣區(13.1)。印度紫檀的「V字夾角主幹」潛在危險度最高(6.0)；「枝幹中空腐朽」潛在危險度最低(0.4)。

(二)、相同園道不同樹種樣區之差異比較

經國園道：黑板樹樣區危險度最高(28.6)；台灣欖樹樣區危險度最低(8.9)。太原路園道：黑板樹樣區危險度最高(23.7)；垂榕樣區危險度最低(8.2)。建國南園道：艷紫荊樣區危險度(16.0)高於垂榕樣區(12.5)。土庫溪沿岸：樟樹樣區危險度(15.2)高於艷紫荊樣區(15.1)。

(三)、全樣區各樹種之總危險度指數統計

黑板樹為本次調查研究中危險度最高之樹種，所有黑板樹樣區平均的危險度指數高達30.4，其次為樟樹的17.9，艷紫荊的15.6，印度紫檀的13.3，小葉欖仁的11.5，垂榕的10.8，阿勃勒的9.5，而危險度最低的樹種為台灣欖樹，指數僅9.0。

五、不同危險徵狀比較結果

所有VTA視覺診斷項目中，危險度指數最高者為「V字夾角主幹」，總指數高達82.8；其次依序為「危險枯枝」，危險度指數為48.0；「樹幹中空腐朽」，危險度指數為41.4；「樹幹內部腐朽徵狀」，危險度指數為39.3；「徒長枝」，危險度指數為28.4；「枝幹中空腐朽」，危險度指數為24.4；「樹幹不自然傾斜」，危險度指數為23.6；「樹幹異常裂痕」，危險度指數為19.5；「枝幹異常裂痕」，危險度指數為16.0；「枝幹內部腐朽徵狀」，危險度指數為14.8；危險度指數最低者為「根系不穩固」，總指數僅8.0。

討 論

行道樹危險度的檢測過程，不僅調查具有時限性，後續的改善工作也講求效率。只要潛在危險度尚存，就必須在其發生之前察覺並防治。因此行道樹危險度的改善工作便可依據上述研究結果，優先關注於危險度較高之樣區、樹種或徵狀，從最危險的部分著手。特別是當相關管理單位的人力與經費不足時，更應以此方式運作，提高效率。

VTA 理論的重點在於以視覺上所見到的樹木外觀，檢測並評估危險度。經由已發生危險度調查結果發現，行道樹因根系毀壞而傾斜倒伏的狀況屢見不鮮，若以樹幹部分來看，各樣區中危險度較高者多為「樹幹傾倒」，而非「樹幹折斷」。此現象顯示，行道樹遇颱風或強風時，整株倒伏的情況多於樹幹折斷。因此，根系生長問題要比樹幹中空、結構脆弱等問題來得重要許多，也更值得我們優先關注。除了地上部的診斷，我們更迫切需要的，是精確快速的地下根系檢測方法。

台中市綠園道行道樹的栽植方式，以單一樹種列植或二至三樹種平行列植最為多見，一條綠園道中有可能同時存在兩種以上的行道樹，如太原路園道調查區域即是由垂榕、黑板樹、台灣欒樹三樹種組成。經由調查結果發現，太原路園道中垂榕與台灣欒樹的危險度低，但黑板樹的危險度卻很高。若設定綠園道為調查對象，可能會因為平均危險度不高而忽略其中一種危險的行道樹。因此，個別樹種危險度的調查重要於綠園道整體的危險度。

危險度最高的 V 字夾角主幹、危險枯枝、中空腐朽等徵狀，追究其根本原因，大多因為錯誤的修剪手法導致。頻繁的修剪工作不但沒有達到抗風效果，反而是造成危險度升高的主因。而樹幹腐朽的情形，主要由於人行道鋪面、管線設置等工程的挖掘傷害，導致腐朽入侵。腐朽現象若擴大，常連帶影響根系衰敗而形成不穩固的危險樹木。

樹幹不自然傾斜、風倒異常龜裂等現象，大部分是因根系的生長不良造成。但「地盤環境惡化」才是造成根系衰弱的主因。綠園道上鋪設步道，導致透水與透氣性大幅降低；夯實的硬化土壤使樹根的伸展停滯不前；例行性清掃將即將成為腐植養份的落葉清除；都市中的汙染物、地盤積水、土壤酸化等，這些才是導致根系生長不良的根源。

經調查研究得知，艷紫荊與黑板樹兩樹種之危險度高低，受其本身生理與生長特性的影響要大於環境的影響；而台灣欒樹與小葉欖仁行道樹的危險程度，受環境因素的影響可能要大過於樹種本身的生長特性。

不健康的樹木不一定具有即時危險，但不健康的樹木因樹勢衰弱，癒合、增生、抵禦能力差，依然會漸漸的變得危險。雖然在危險度調查時，我們僅針對可能發生即時危險的徵狀進行檢測，不特別關注那些不健康的樹木；但當我們欲探討行道樹危險現況的改善時，「恢復並確保樹木的健康生長」反而是最重要的關鍵。

進行行道樹危險度檢測的目的，除了解決樹木問題，還要改善人為缺失。唯有積極改善問題根源，才能真正的避免危險再發生，進而降低行道樹危險度。我們追求的是一條因為完善的栽植計畫與良好的維護管理而產生的安全綠園道；而不應該是一條持續著「砍除

危險樹木再補植」的循環，卻又不見得安全無虞的綠園道。

行道樹危險度多為人為缺失所造成，相關單位管理人員技術與觀念的提升，是政府單位必須重視的當務之急。倘若種植前有完善的栽植計畫，而種植後予以良好的維護管理，行道樹的危險性是可以降低的。

定期且具制度性的行道樹危險度檢測，記錄樹木的潛在危險度、健康程度，並建立圖表資料庫，未來便可經由數據比較得知行道樹問題所在，進而加以改善，並作為日後維護管理、栽植施工之參考依據，使行道樹長期保持高安全性與良好的健康度。

參 考 文 獻

- クラウス・マテック(著)、堀大才・三戸久美子(訳)。2004。樹木のボディランゲージ入門。街路樹診断協会。
- クラウス・マテック(著)、堀大才・三戸久美子(訳)。2004。樹木の力学。青空計画研究所。
- クラウス・マテック(著)、堀大才・三戸久美子(訳)。2008。樹木の危険度診断入門。街路樹診断協会。
- 王亞男。2006。非破壞性檢測方法應用於老樹健康監測評估與樹齡測定。行政院農業委員會林務局保育研究系列 94-07 號。
- 台中市主題行道樹導覽手冊。2006。台中市政府出版。
- 李柏岳。都會區行道樹栽植與維護管理政策之研究-以台中市為例。逢甲大學建築及都市計畫研究所碩士論文。
- 林宜慧。2009。台中市綠園道步行空間分析與研究。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。
- 章錦瑜。2000。颱風對台中市喬木破壞之調查。東海學報。41：149~160。
- 詹明勳等。2006。樹木目視評估危險度及健康度—以台中縣市老樹為例。臺大實驗林研究報告。20(2):99-116。
- Mattheck C. and H.Breloer. 1993. The body language of trees.A handbook for failure analysis. London: Office of the Deputy Prime Minister, Stationery Office.

Using a VTA Approach to Assess the Damage Risk of Parkway Trees in Taichung City

Min-Shuo Huang ¹⁾ Tung-Chi Liu ²⁾

Key words: Street trees, Damage risk assessment, VTA

Summary

In order to detect and reduce the risk posed by street trees and to further enhance the living quality of urban residents, street trees risk evaluation is essential. The assessment method used in this research, Visual Tree Assessment (VTA) is promulgated by C. Mattheck. Sampling plots for the street trees were taken from some specified green belt in Taichung city. Trees that show symptoms that is considered 'risky to road/park user' were recorded and further classified into 'potential risk' and 'dangerous' category, according to the 'risk index' after calculation done. From the survey, the *Cinnamomun* spp. Trees along the Wen-Xin Road has the highest dangerous index, 10.4. Sampling plot C for the green belt along Chung Shing University has the highest potential risk index, which is 12.2. *Alstonia* spp. is the most hazardous tree species, with a traumatic index, 30.4, while *Koelreuteria formosana*, a low risk tree species, with the risk index of 9.0. Throughout the assessment done, co-dominant stem top the list of the risk index, 82.8, while unstable root system causing tree failure is considered low risk, with an index of 8.0.

1) Graduate Student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

