



森林中的綠色步道

—如何運用生態材料以生態工法建造一條森林中的綠色步道

文、圖 ■ 夏滄琪 ■ 林業試驗所森林化學組助理研究員（通訊作者）

李鴻麟 ■ 林業試驗所森林化學組研究員兼組長

林勝傑 ■ 林業試驗所森林化學組退休助理研究員

一、前言

近年來，由於工商業急速發展，促成台灣都會區人口過分集中，環境品質日益惡化，生活步調亦日趨緊張，人們為了紓解生活上的壓力及精神上的緊張，已日漸習慣於休假期間攜家帶眷前往市郊、野外登山旅遊，享受大自然的景觀與情趣；尤其自從行政院提出「觀光客倍增計畫」，積極推動國民休閒旅遊活動後，各級政府單位或各觀光旅遊區經營者，莫不積極開闢遊憩場所，增建各種休閒遊憩設施，以滿足遊客之需求；其中，以引導遊客接近大自然，親身體驗景觀優美之步道系統，更是各遊憩區之首要建設，而以生態之旅為訴求的業者，更需有規劃完整之步道系統，才能使遊憩區充分發揮大自然教室之功能。

然而，綜觀目前國內各遊憩場所之步道建構方式，無論其所採用之資材是木料、石板塊、碎石、水泥板或直接以水泥、瀝青柏油鋪設，在步道鋪設前，均需先將預定之路基開挖整平後，再鋪上各種資材，因此在步道建構之初，已對自然環境及生態體系造成

重大的衝擊；而步道鋪設後，由於各種資材均直接鋪設在地面，當大量遊客湧入時，常常造成步道各種型態與程度的衝擊，因而導致惡化的步道；諸如在平坦或緩坡地的步道，常會發生步道分生的現象，沿步道兩側形成多條平行小徑或捷徑，甚至使原步道變寬，進而影響周邊植群之消失或組成的改變；次如遊客之踐踏，造成路基土壤結構之緊密化，導致土壤之通氣性及透水性減低，非但影響了土壤生物之生存；且一旦雨季來臨時，步道表面或其邊坡往往會因雨水匯集而成逕流，造成步道表面的侵蝕與土壤流失，步道側邊植物之根系裸露，甚至歪斜，不但破壞步道周邊之生態環境與景觀之完整，亦會危及遊客行之安全。

林業試驗所多年來進行各項木材防腐研究，累積實務經驗豐富，有鑑於國內木構步道之防腐處理仍有許多缺失。因此，與昆儀公司進行產學技術合作，採用對環境友善（Environmentally friendly）的綠建築施工方式，來興建優質的木構造步道，以提升國民的休閒生活品質。

為了減少對生態環境的衝擊，提供自然學習場所，並保障遊客大眾使用之安全；我們採用生態材料—造林木間伐木材；以生態工法—對步道建構基地之植被植物僅作適度之修剪，不予連根砍除，不破壞地表，不影響原地之土壤結構，而以支架結構，懸空架設一條可貫穿林野，引導民眾進入大自然教室之綠色步道。我們的作業流程包括：現場勘查；預定路線之水平測量；規劃作業；製材作業；木材乾燥及防腐處理；現場樁柱埋設；橫樑結構固定及踏板鋪設；護木塗料塗佈處理等。茲將各作業流程之工作內容簡介如後各節以供參考。

二、現場勘查

各旅遊區步道系統之規劃，除了提供休閒遊憩與景觀欣賞之外，更應就各地特殊之自然環境，設計各具特色之生態旅遊，以發揮自然教育之功能。因此，步道路徑應能引導遊客體認該區域最具代表性之自然環境及生態體系；惟為減少對生態環境的衝擊，並保障遊客的安全，對於生態環境敏感地區如自然保護區或生態保育區，及災害敏感地區如破碎帶或土石流分佈區等均應避免穿越。



圖1



圖2



圖3

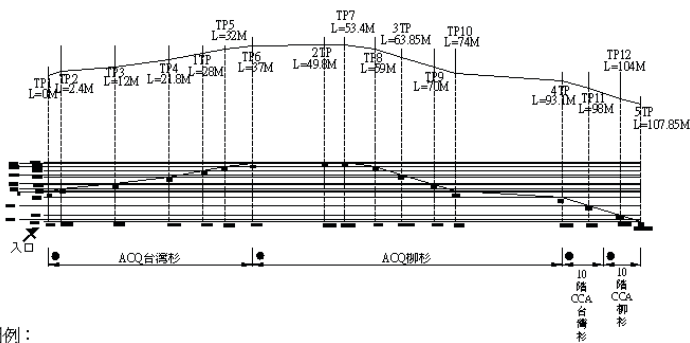
本產學合作案之木構步道，即為避免對自然環境及生態體系之衝擊，乃選擇福山研究中心既有之崎嶇不平又濕滑的石材步道（如圖1）為基地，重新設計構築。

三、預定路線之水準測量

以水準儀、經緯儀及雷射測定儀測量預定路線各轉折點之水平距離及高低差，以供調整步道坡度及豎立支柱位置之依據（如圖2、3）。

四、規劃作業

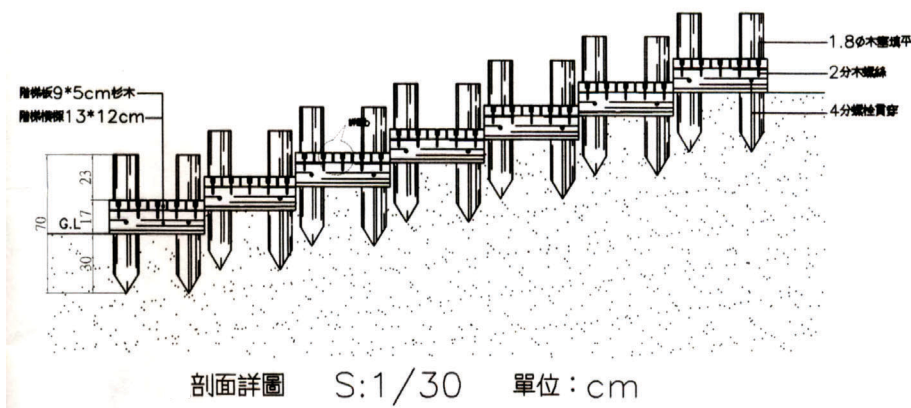
依水準測量測得各測點間之距離及高低



圖例：
● 指標的位置

100M步道縱斷面高程測量圖

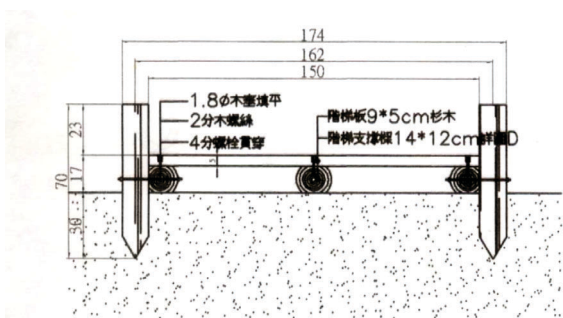
圖4



剖面詳圖 S:1/30 單位:cm

圖5

差繪製路線之縱斷面圖（水準圖，如圖4）；



階梯立面圖 S:1/30 單位:cm

圖6



圖7

並依其坡度之緩陡及預計遊客之容量，設計並繪製步道各樁柱之位置及步道階梯之剖面圖及立面剖（如圖5、6）；並依此於施工現場標定各樁柱之基點（如圖7）。



圖8



圖9

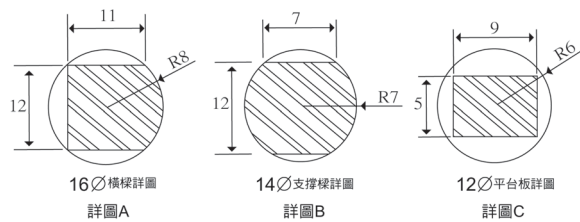


圖10

五、製材作業

依疏伐木之直徑大小，分別截切成原設計尺寸之樁柱、步道橫樑、步道支撐樑及步道踏板等（如圖8、9、10）；並為了避免在陰濕環境下，因步道踏板濕滑致使遊客跌倒受傷，特於踏板表面設計止滑溝（如圖11）。



圖11

六、木材乾燥及防腐處理

由於本步道之木材均來至省產造林木疏伐材，含未成熟材比例較高，天然耐腐抗蟲性較差，為提高其耐腐朽及抗白蟻危害之功能，一方面可延長步道5倍以上之使用年限，並可顧及使用者之安全，另一方面以降低木材之分解破壞速率，間接減少二氧化碳之釋放，以控制地球暖化效應。在木材防腐處理之前，為促進防腐劑之滲透，需將完成製材作業之木構件，送進蒸汽乾燥窯內乾燥（如圖12），至含水率30%以下，始以真空加壓注入處理（滿細胞加壓法）方式進行防腐處理（如圖13）。本步道所使用之木材防腐劑：銅烓基銨化合物（Ammoniacal copper Quats, ACQ）係目前國際上最先進的水溶性木材防腐劑，具有良好防止腐朽菌及白蟻危害木材之功能，目前研究證實至少可使木材使用年限延長5倍以上；且其主要成分銅化合物及氯化苯銨經注入木材後，因銅化合物不溶於木材中之水分，而氯化苯銨會與木材發生離子結合反應，均不易發生隨水份流失之現象；而其廢棄物燃燒時，不產生毒



圖12



圖13

氣，殘存於灰燼中之氧化銅亦不溶於水，故比過去使用之防腐藥劑更環保，可大量減少環境污染問題。

七、現場樁柱埋置

依水準測量及室內規劃後在施工現場標定之樁柱設立基點，以簡單之鑽洞機具挖洞，埋設樁柱，並將原先挖掘之土壤填回後壓實（如圖14、15、16）。

八、橫樑結構固定及踏板鋪設

依原設計步道各台階之高低差，並準確掌握同階步道兩側之水平，將支撐步道踏板



圖14



圖15



圖16

之橫樑，以不銹鋼螺栓固定於樁柱上（如圖17），而後將具有止滑溝設計之踏板，預先以不銹鋼螺絲釘固定於支撐樑（如圖18）；再將組合後之整片台階固定於步道之橫樑結構上，並經細部修整而完成木構步道鋪設工程（如圖19）。

九、護木塗料塗佈處理

木材是天然而非均質的有機體，非但容易遭受腐朽菌及昆蟲等生物性危害，亦容易遭受乾、濕、冷、熱及日曬等天候性劣化。為了保護即將長期曝露於多變環境下之木構



圖17



圖18



圖19



圖20

造步道，我們選用具有增強木材尺寸穩定性及防止木材劣化與色變之木材保護塗料，經過先後兩次塗佈處理，以預防木材因收縮不均而發生龜裂、扭曲變形，或因劣化而導致木材外表變色，組織鬆弛而逐漸劣解的現象發生，以確保步道之美觀耐用及遊客之安全（如圖20）。



▲完工後的階梯式木棧步道

十、結語

建於福山植物園的苗圃附近的觀景平台長178公尺、階梯步道長100公尺。福山植物園終年多雨潮溼，十分適合於木材耐久處理的試驗。能在福山植物園維持長久的木材，將可推廣到全台其他各地。林業試驗所所建造的這條實驗步道，具有以下特點：

1. 步道的木構件經過國際上最先進的環保型水性木材防腐藥劑—銅烷基銨化合物 (Ammoniacal Copper Quats)，用滿細胞加壓法處理，具有抗腐朽菌分解與抗白蟻蛀食的功能，使木材使用年限延長5倍以上，而且比過去的防腐藥劑更環保，減少污染環境的問題。
2. 採用生態工法，以小型機具施工，不會破壞地表生態，確保環境品質。
3. 經過防腐處理的步道木構件，木材分解率降低，減少二氧化碳的釋放，對於控制全球暖化作出貢獻。
4. 步道表面採止滑溝槽設計，可避免老弱婦

孺滑倒。在森林多雨、潮濕的氣候下，木步道表面易滋長青苔、黴菌，造成濕滑，止滑溝槽正是一個貼心的設計。

5. 採用本地產的人工林木材（台灣杉—六龜研究中心、柳杉—羅東林區管理處），可有效開發國產木材資源，更開闢本地產的中、小徑木材的銷路。

利用生態材料—省產造林木疏伐材，以生態工法建造之木構步道，非但可以在對自然環境衝擊最小之程度下，引導民眾進入各種生態環境之精華區，真正了解生態體系中各成員之相互關係，以培養民眾正確之環保觀念。此外，亦可開拓造林木疏伐材之用途，提高國內木材需求之自給率，促進台灣林產業之永續經營與提升產值。🌱

*備註：特別感謝林務局及羅東林區管理處全力支持與協助，使本計畫得以順利完成，謹致最高謝忱！

