

木構造治理工程與森林環境

文/圖 林信輝 ■ 國立中興大學水土保持學系教授(通訊作者)
張健威 ■ 國立中興大學水土保持學系研究生
林宜群 ■ 林務局集水區治理組治山科技正

一、前言

木構造物係利用經過選材、製圓加工、乾燥處理與防腐處理後的木材或以疏伐材原木或經簡易加工處理後木材做為林道邊坡、林地小型崩塌地治理工程之構造物。台灣地區治山防災工程之規劃設計早期較著重施工之便利性及安全性考量，近年來許多工程規劃設計都加入了景觀與生態系統觀念，而國有林地使用木構造物來治理小型的邊坡災害案例也有漸次增加之情形。

台灣地區森林覆蓋面積約210萬公頃，其中國有林班地約164萬公頃，其大部分屬森林植被良好，生態環境資源豐富之地區。惟因國有林班地生態環境特殊，相關木構造治理工程與推廣成效因地而異，未來仍須加強各林班地木構造物實例之推廣，及針對典型案例進行構造物調查、劣化評估、施工應用與維護管理問題等進行檢討，期研究資料之建置可供相關人員參

考，並助於生態工法之推動，維護生態環境平衡及生態多樣性。

二、木構造治理工程之發展

(一)木構造圖冊之建置

1.木構造圖冊之研發概述

民國94年度起，行政院農業委員會林務局開始研發適合國有林地上游集水區以生態工法進行整治之相關研究工作，並引進日本的木構造物設計參考資料，爾後繼續於民國96至101年度間，陸續調查台灣地區本土木構造物規劃施工案例，分年度增列圖說與規劃設計資料，最後於民國100年彙整出適用於整治山防災地區之木構造物參考圖冊，內容包含了擋土牆、擋土柵、防落石工、排水設施、坡面保護工、解說設施、野溪蝕溝控制與護岸設施等項目，共有48種木構造物型式。每種圖說均包括其特性、適用地點、正面、側面、立面圖及施工過程照片等說明。

2. 主要木構造案例照片

(1) 擋土牆(如圖1-圖4)



圖1 仿校倉式格框擋土牆：規格化加工圓木格框狀分層疊置，兼具多孔性與景觀美質。



圖2 堆積式擋土牆：預先組合材料單元搬運方便，人工施工容易。



圖3 堆疊式格框擋土牆：單元組立疊置，可順應現地地形調整及現地樹木保留。



圖4 前撐式擋土牆：常用於鬆軟土方區之擋土措施，擋土方少，可分階構築。

(2) 擋土柵(如圖5-圖8)



圖5 木製擋土柵(組合式)：單元組立，可分階段設置之擋土設施。



圖6 木製擋土柵(一)(苗木栽植)：屬階段式擋土柵，適合低矮及坡度較緩之邊坡。



圖7 木製擋土柵(二)：單元高度較小，常用於崩塌坡面之階段式擋土措施，坡度較陡地區，需以鐵線背拉固定。



圖8 木排椿擋土柵：簡易之擋土設施，可不同高度排椿組合及配合栽植槽設置





圖9 原木木格框擋土牆(92年，鳩之澤)



圖10 原木木格框擋土牆(92年，宜專一線)



圖11 木格框節制壩(95年，宜專一線15.4K)



圖12 木格框節制壩(96年，宜專一線23.9K)

(二)木構造治理工程案例

民國93年開始，羅東林區管理處於鳩之澤及宜專一線開始引進設置木製節制壩等木構造物；隔年東勢林區管理處亦以疏伐材做為木格框擋土牆之構築材料；民國96-100年間，南投林區管理處依據林務局研發成果，分別在彰化縣廟前坑野溪、坑內坑野溪及南投縣日月潭地區進行野溪整治與崩場地處理等相關工作；而屏東林區管理處於藤枝國家森林遊樂區也有木構造工法應用。其中，南投處所辦以疏伐材進行坑內坑野溪整治，及日月潭地區崩場地處理等工程，陸續榮獲行政院公共工程品質金質獎99年第十屆及100年第十一屆優良工程。

1. 鳩之澤及宜專一線沖蝕溝治理工程

以柳杉疏伐材作為擋土牆及節制壩的框架，內填天然塊石，在符合結構安全考量原則下，於完工初期可大幅軟化傳統混凝土擋土牆或

節制壩給人冰冷、生硬的印象，同時利用柳杉疏伐材作為節制壩框架基材，也進一步為森林疏伐後的林木找到一個有效再利用的全新方向。

2. 大雪山林道47k+100處下邊坡

民國94年七二水災及納莉等颱風豪雨，造成大雪山林道47k+100處中斷，東勢林區管理處為緊急處理儘速通車，以鄰近之紅檜疏伐材，採堆疊式多階木格框擋土牆緊急復建，完工後雖歷經多次重大風災，惟因其使用紅檜疏伐材，材質耐久年限較高，經東勢林區管理處委託監測結果，僅有低層度之沉陷變形，整體並無明顯損壞之情形。

3. 廟前坑野溪治理

位於彰化縣二水鄉八卦山之保安林地，因豪雨造成廟前坑野溪之崩塌及土砂災害，故為進行野溪治理工作，同時適逢南投林管處於巒大事業區(人倫林道)有疏伐後之柳杉疏伐材可供



圖13 堆疊式多階木格框擋土牆(94年，大雪山林道47.1K)

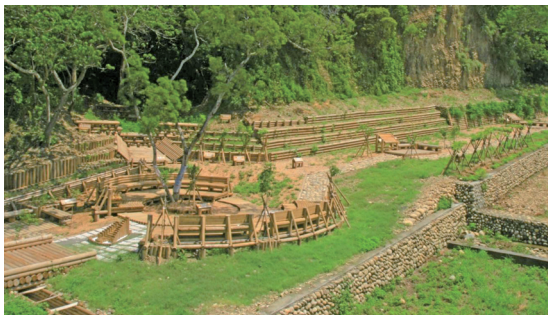


圖14 廟前坑野溪治理(98年)

利用，兼可推廣疏伐木多樣化利用，爰取其較無經濟價值之小徑木來作為治山防災工程之主要結構物。工程於民國98年5月完工。

4. 坑內坑野溪治理工程

坑內坑野溪治理，運用廟前坑野溪治理採用疏伐材之經驗與成果，大量採用柳杉疏伐材各種治山防災構造物，如圓木鋪面護岸、木排樁護岸、木框填石護岸、橫木護岸、木製節制壩、木製消能工、木製擋土柵、砌石鋪面潛壩、砌石鋪面固床工、擋土木樁等工項。工程於民國99年11月完工。



圖15 坑內坑野溪治理(99年)

5. 日月潭風景區巒大29林班崩塌處理工程

民國97年辛樂克帶來豐沛雨量，日月潭伊達邵部落附近林務局轄管巒大事業區第29林班地發生崩塌，且大量土石下移造成日月潭環湖公路邊坡崩塌破壞，為此，南投林區管理處考量治理地點位處觀光客甚多之日月潭風景區內，故利用木構造物進行坑溝整治、坡面擋土柵、植生工程等工項，使崩塌地進行治理與復育後能兼具安全與景觀。



圖16 日月潭風景區鄰近林班地生態工程示範區(101年6月)



木製節制壩



木製擋土柵

圖17 藤枝國家森林遊樂區木構造治理工程(100年3月)

6. 藤枝國家森林遊樂區

林務局屏東林區管理處藤枝國家森林遊樂區，於98年八八風災時遭到重創，區內崩塌地增加甚多且有大量土砂下移情形，故於遊樂區辦理沖蝕溝治理工程，同時考量園區內因風災影響衍生之除害木，故以除害木作節制壩，除符合結構安全考量，並可大幅軟化混凝土壩給人冰冷、生硬的印象，同時在混凝土露面以剪裁殘料做木飾美化，與週邊林相景觀結合；本區本工程木構工法之木料，採園區現地八八風災除害木，強化除害木多元化利用，有效利用避免資源浪費。另外，木材在園區內製材、加工、防腐、組裝等作業，不外運與保留自然形態，減少碳足跡達到節能減碳的精神。

三、疏伐材木構造物之規劃設計

台灣地區疏伐材種類主要以柳杉(*Cryptomeria Japonica*)、台灣杉(*Taiwaniacryptomerioides*)或杉木(*Cunninghamialanceolata*)為主。從原木開採或疏伐材收集分類，經運送至木材加工廠作各級之處理後，可做為多面向木構造設施用料。疏伐材於治山防災上，可作為擋土及護坡設施之立柱及

橫向繫材，排水截水溝壁，跌水、沉砂池框架及固土排樁、打樁編柵立柱，水域格框填石壩堰框架，以及各式休憩設施結構材。利用林區疏伐材作為設施基本結構材料，殘枝梢枝作為次要之編柵或填補材料應為可行方案。

疏伐材應用原則:

1. 疏伐材之材質變異性及規格尺寸差異性大，在木構造物之應用以臨時性、搶災、或無保全對象的簡易設施為原則。
2. 疏伐材種類來源、產量多寡、選用考量、應用注意事項、加工過程、利用方式等項目皆應進行調查彙整，以利疏伐材之推廣應用。
3. 訂定疏伐材多階段利用理念，進行全材多樣備料，提高疏伐木之利用，將材料篩選，依材質優劣來區分開發項目，藉以評估疏伐材提升附加價值之可行性。
4. 若利用防腐處理以增加其安定程度，則需要考慮其防腐處理方式之效益及其對當地生態環境之影響。
5. 為求疏伐木儘早乾燥、減輕重量、搬運容易及避免病蟲害之發生，可進行天然乾燥、剝皮等工作。

表1 疏伐材木構造物施工作業與處理過程照片一覽表



1.原有林相



2.每木調查



3.疏伐林木



4.疏伐材集中堆置



5.選材打鋼印



6.運送至加工廠



7.加工前尺寸測量



8.尺寸較大者進行造材



9.造材後堆置



10.抽圓加工



11.裁切、剝口、鑽孔加工



12. ACQ防腐處理

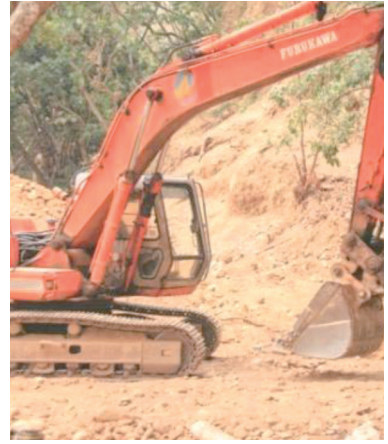
表1 疏伐材木構造物施工作業與處理過程照片一覽表(續)



13. 靜置養生



14. 假安裝



15. 施工放樣及檢核



16. 開挖整地



17. 鐵絲綁紮施工



18. 依序組立



19. 施工坡度檢核



20. 土方回填



21. 完工情況

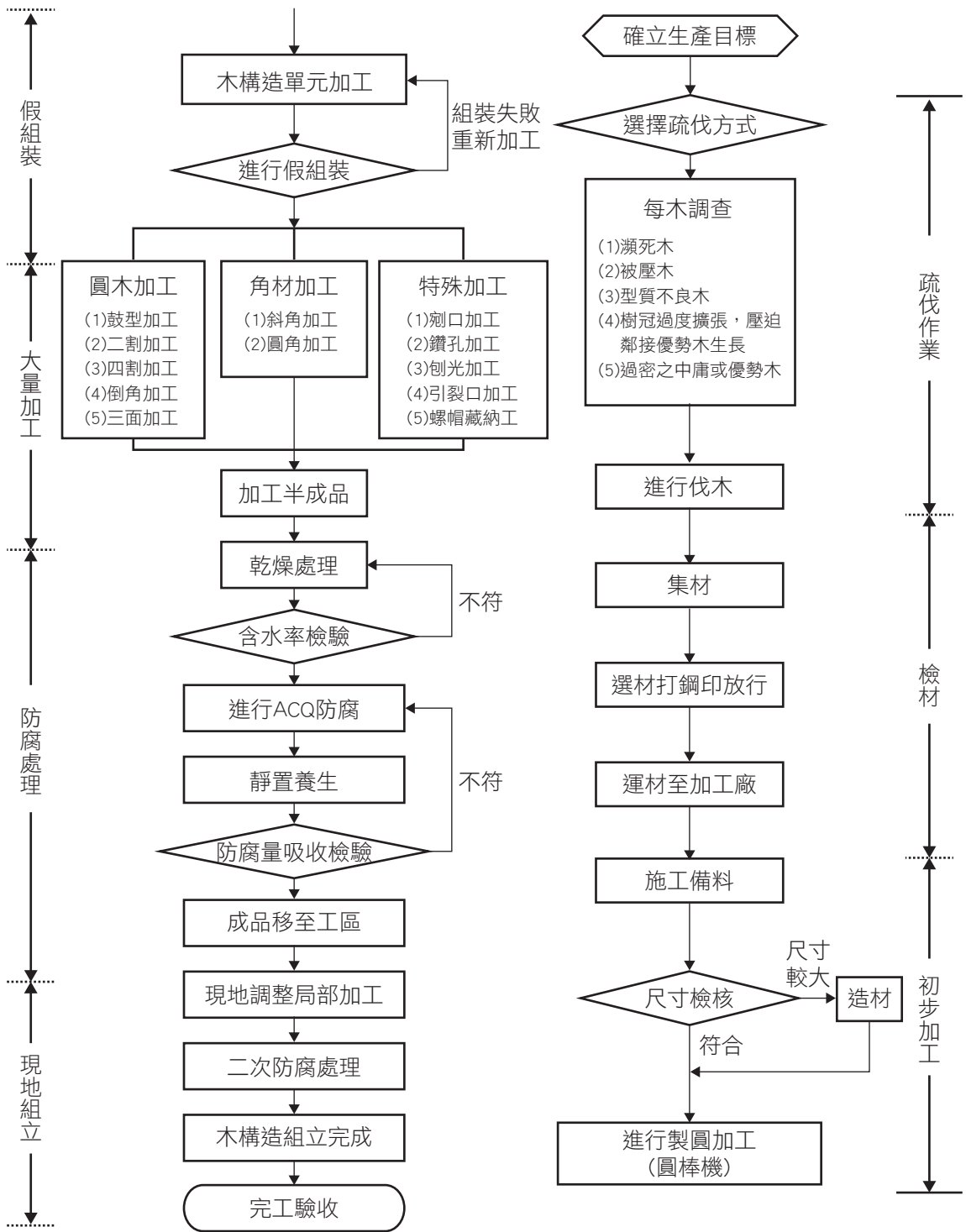


圖18 疏伐材木構造物施工作業與處理過程流程圖

此外，枯立木與風倒木俱為林地中重要的野生動物庇護所，亦為附生植物重要的基床與營養來源，有豐富林地生態系之功能，故枯立木與風倒木仍具備生態結構價值，可利用為林地簡易設施之基礎或立柱，成為更具功能的資源。

四、木材利用與森林環境

木材為具再生性之天然材料，木材生產過程中會將碳固存於木材中，有效降低空氣中二氧化碳含量。森林進行疏伐作業後，留置之林木可獲得更寬闊之生長空間，能使林木更粗壯進而固更多之碳，然疏伐後所得疏伐材如何利用，是為重要課題，考量以木材為主要材料構造物易與週遭環境融合，亦可因木料腐朽後自然回歸現地，是一種適合大量推廣的生態工程材料。

樹木生產1公噸碳水化合物，須自大氣中吸入1.6公噸二氧化碳，並釋出1.2公噸氧，因此樹木生長期間能夠淨化空氣，並把這些碳水化合物提供給形成層細胞，做為分生木質部細胞的營養源，木材就是木質部細胞的累積體(王松永,2005)。而森林資源對二氧化碳的減量策略、改善溫室效應，可由碳保存(Carbon Conservation)、碳吸存(Carbon Sequestration)、碳替代(Carbon Substitution)三方面來進行。

(1)碳吸存：係經由加強土地管理，擴大森林生態系碳的貯存。其可透過增加森林面積或提升天然和人工林的碳密度(Carbon Density)，並且亦可增加耐久性林產品的使用來貯存。實際策略可透過加強造林、天然林更新、農地造林等森林永續發展的經營管理策略，增加森林資源的碳吸存。

(2)碳保存：碳保存之目標在於保存森林資源中

已存在的碳庫(Carbon pool)，亦是防止或減少已經固定在碳匯(Carbon Sink)中的碳釋放率。行動策略包含：保護區設置、森林火控制、減少林地破壞和改善森林經營、土壤保育多方面達成。另可透過生態旅遊等非林木資源生產的提供，保存森林資源所吸存的碳。此外，控制性伐採、保護森林與森林保育、改進森林經營施業(如減少衝擊性伐木、完善育林作業、有效率的木材使用等)。再者，控制其他人為干擾，如火和病蟲害破壞。然而，林木若不利利用，仍會釋放實質的碳量回大氣，為避免或延長森林收穫或轉換(特別是老齡林)可提供最顯著的碳獲益。

(3)碳替代：碳替代之目標為將森林生質碳轉移至產品(如結構用材與生質燃料)，藉以替代石化製品的能源與產品、水泥製品和其他建築材料，此策略也包括栽植短伐期的森林作物。此外，增加耐久性林產品的使用來取代鋼鐵及水泥等高耗能材料，或是使用生質燃料，皆可減少對化石燃料的需求。

疏伐材為造林生產撫育過程實施中間伐株之產物，適當的施行疏伐除可減少林木之競爭，增加保留木之相對生長空間，疏伐材木構造物之推廣，具有促進森林機能恢復與林業活絡之功能。

木構造治理工程可利用疏伐材代替混凝土材料組成單元結構，降低材料生產及施工過程所造成之環境負荷，屬於「碳替代」的一環；森林在疏伐後調整林相結構，建構健康之森林，加強人造林更新，即屬於「碳吸存」；乃至於利用疏伐材辦理治山防災工作，有效率的木材使用，為「碳保存」，在在都是呼應農業

委員會所推動之「森林碳管理策略」。疏伐木治理工程同時也是一種「生態工程」，也符合「永續公共工程」的真諦(許文奕，2012)。

五、結語

木構造物因其設置區位及所屬環境條件不同而影響其設施之使用年限及應用價值，國內對於木構造物劣化評估方面之研究較少，仍須較完整的資料蒐集與彙整。由於目前引進之文獻資料及技術規範大多為日本之資料，台灣氣候高溫多濕，與日本環境條件不同，國有林所

生產之疏伐材之材料品質亦有差異，必需建立本土性之資料，以供規劃設計之參據。

未來仍需持續進行木構造物的案例收集與防腐方面的相關研究，進一步了解木構造的適用地點與適用年限及如何有效的使用防腐劑又不危害自然的環境。將國內的施工案例做有系統的調查，包括防腐方法、木構造形式、使用的木材種類與損壞的原因等。希望未來能有效利用國有林班地的木材，使其回歸大自然。🌱

參考文獻(請逕洽作者)