

自然生態工法應用於崩塌地治理工程實務探討

文、圖 陳信雄 國立筋灣大學森林系教授

吳佐川 國立筋灣大學森林學研究所博士生

林麗英 國立筋灣大學森林學研究所碩士生

一、前言

本研究針對高雄市壽山峭船街一帶去年「七一一」潭美颱風災後復建工程，以三種不同的自然生態工法組合，於七十五巷、七十七巷及八十巷後方三個工區分別進行崩塌地整治，觀察並檢討整治成效，以供推廣自然生態工法之參考。

90年7月11日潭美颱風帶來豪雨，造成壽山地區多處土石崩落。超級暴雨又適逢漲潮，累積總降雨量超過500公釐（為40年來單日最高降雨量），晚間八時至九時所測得雨量高達126.5公釐（接近100年暴雨頻率雨量的130公釐），下午六時至九時連續降雨量329公釐，已打破200年暴雨頻率雨量300公釐的紀錄，一連串破紀錄的降雨，使壽山水土保持工作面臨前所未有的挑戰，峭船街一帶災情慘重多處成災，因為崩塌地位於都市近郊，緊鄰民宅，治理工作顯得格外重要，為比較三種自然生態工法之治理成效，於七十五巷、七十七巷及八十巷後方三個工區分別採用打樁編柵配合石籠連續壩、格樑植生及打樁編柵配合噴植等三種工法進行崩塌地整治，觀察並檢討整治成效，以供推廣自然生態工法之參考。

二、生態工法之定義與沿革

生態工法之觀念源自歐洲，近年來正逐步推展至世界各國。1938年德國Seifert首先提出近自然河溪整治概念，指能夠在完成傳統河流治理任務基礎上達到接近自然、廉價並保持景觀美的一種治理方案。1962年Odum提出「生態工程乃為對自然界的治理，藉以輔助傳統性工程方法，並致力於人類對自然系統之協調合作」之理念。1971年Schlueter認為近自然治理（near natural control）的目標，首先需滿足人類對河溪利用的要求，同時需維護或創造河溪的生態多樣性。1989年生態學家Mitsch提出生態工程（ecological engineering）觀念，乃是運用生態系之自我設計（self-design）能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間之互動達到互利共生（symbiosis）目的。生態治理概念有眾多相似名詞，如近自然河溪管理（near natural river and stream management）、近自然荒野治理（near natural torrent control）等，在德國稱為近自然生態工法（naturnahe），澳洲稱為綠植被工法，美國稱為生態工法（ecological engineering），日



本稱為近自然工法。

近年來，生態工法觀念廣為治山防災治理工程所應用，行政院公共工程委員會於2000年起大力推展以生態工法整治土石流及崩塌地。生態工法之概念為儘可能不破壞原有生態及環境景觀原則下，就地取材，利用工程方法進行整治、復育及改良工作，使結構安全及當地的自然生態都能獲得保障。公共工程委員會更於2002年3月、5月及8月召開「生態工法諮詢小組」會議，針對生態工法定義為「基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害」。在國內「生態工法」之應用最早見於野溪整治工程，用以保護溪流中的河川生態，強調保護生物的棲息地以維護生物多樣性的觀念，是以就地取材、選用多孔隙材料、本土樹種，塑造自然美觀、安全兼具親水性、多樣性，人類可以與大自然動植物共生共存的生態環境。

目前國內治山防災實務上應用生態工法僅於觀念的推展，尚未制訂生態工法的相關技術規範及實施方式，本文所述之生態工法是以水土保持手冊工程篇與植生篇所介紹的工法，亦即是傳統工法融入「源頭治理」、「打樁編柵」、「植生工法」的理念，以多孔隙材料、原生樹種等，創造出符合生態保育及兼具景觀的施工方式。

三、試驗集水區概述

治理範圍為高雄市壽山哨船街七十五巷、七十七巷、八十巷後方山坡地，

如圖1所示，崩落地治理及蝕溝控制，二度分帶座標(E175066, 2500832N)。土地權屬陸軍總司令部(土地地號：高雄市鼓山區鼓南四小段411-6地號)，高雄市第二三二號風景保安林。治理集水區面積0.915公頃，該生態工程施工之崩落地立地特性如表1所示。

圖1 高雄市壽山哨船街治理地點示意圖



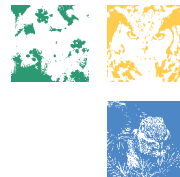


表1 生態工程施工之崩塌地立地特性

地點	治理面積 / 海拔高	坡度 / 坡向	第 一 區 崩 塌 照 片	
第 一區（哨船街75巷至77巷間）	0.709ha / 8m~75m	35 ° ~ 45 ° / 北偏東70 °		
治理工法		崩塌情形		
擋土牆、排水設施、石籠、打樁編柵及植生帶、攔砂壩、集水井		表層崩積土崩落多條不規則沖蝕溝產生。		

地病	治理面積 / 海拔高	坡度 / 坡向	第 二 區 崩 塌 照 片	
第 二區（哨船街77巷至80巷間）	0.105ha / 10m~55m	35 ° ~ 45 ° / 北偏東70 °		
治理工法		崩塌情形		
格柵植生		表層崩積土崩落附上方有高壓電塔。		

地病	治理面積 / 海拔高	坡度 / 坡向	第 三 區 崩 塌 照 片	
第 三區（哨船街80巷後方）	0.25ha / 8m~75m	35 ° ~ 45 ° / 北偏東70 °		
治理工法		崩塌情形		
打樁編柵、排水溝、集水井、石籠壩		表層崩積土呈塊狀崩落。		

四、崩塌地治理規劃

去年「七一一」潭美颱風重創高雄，豪雨沖刷大量土石（崩積土及咾咕石）流入哨船街75巷西子灣大廈、77巷、80巷等地民宅內，造成多戶民宅房屋毀損，形成該區後方山坡地三處大蝕溝。該地屬保安林地，土地之經營人聖田建設公司（西子灣大廈）於八十四年間取得開發許可，於基地上坡（傾角約三十度順向坡）切除坡腳並施作五米擋土牆，並將後方陡峭山坡地全面噴漿（水泥砂漿），後因環保團體抗議，該建設公司遂將水泥鋪面打掉，重植膨蜆菊，且未將水泥廢棄物清運，致豪雨帶動土石形成多處小蝕溝。該處於擋土牆上側設置有鋼軌樁加鋼板橫檔，惟潭美颱風帶來高雄地區豪雨，致使該區表層覆蓋的風化土層、碎屑等疏鬆材料，因暴雨逕流到處流竄、土壤孔隙水不及

由擋土牆排水孔排出，含水量增加、孔隙水壓上升而致土石滑落民宅。

災後依水土保持技術規範土石流及崩塌地治本工作要項，以集水區為概念，分區段進行，施工方式分述如下：

(一) 第一區（哨船街75巷至77巷間）

由於區內多處不規則蝕溝產生，鬆土、危木急需清理，故配合部分攔砂排水工程以控制蝕溝再次發生，裸露區打樁編柵及植生法施作，以利崩塌區儘速植生導入以穩定坡面，本區主要的施工方式有：

1. 基礎穩定工：

- (1) 整坡螺以人工或機械於坡面進行局部整坡，以利植生作業進行，填塞部分因降雨所形成的蝕溝，防止其持續擴大，減少泥砂災害之發生。
- (2) 坡趾保護工螺利用混凝土擋土牆、石籠節制壩、攔砂壩、防落石網等配合現地

施工之擋土設施，達到安定坡面、保護坡趾、防止土石滑落之目的。

- (3) 坡面排水工段應用坡頂排水、縱向排水及崩塌地內之階段排水等方式，以減少逕流入崩塌地，防止坡面沖蝕及崩壞現象之發生。
- (4) 危木處理段對影響施工或易造成坡面不安危木，予以截短，俾利施工。
- (5) 鉅籠節制壩段於蝕溝處整坡後，在適當位址施作節制壩，以為蝕溝控制。
- (6) 攔砂壩段於坡址處設置出水工及集水井收集上方流下的雨水，引導至區域排水系統。
- (7) 防落鉅網段在坡面植生未達穩定前，為防止大雨造成落石危害下方居民，而設置防落石網。

2. 植生工法：

打樁編柵及植生帶：使用鋼筋樁於適當的距離打入土中，並以PE網、鐵絲網等材料編織成柵的方法鋪設植生帶。主要用以改善坡度，防止沖刷，造成有利植物生長之環境。

(二) 第 工區（哨船街77至80巷後方）

由於區內邊坡土方滑落後坡度較陡，加上該區上方有高壓電塔，恐造成倒崩之虞，清理鬆土及危木後，配合格樑植生加排水工程，以防止災害再次發生，裸露區以型框配合植生法施作，以利崩塌區儘速植生導入以穩定坡面，本區主要的施工方式有：

1. 基礎穩定工：

- (1) 整坡段以人工於坡面進行局部整坡，以利植生作業進行。
- (2) 坡面排水工段應用坡頂排水、格樑預留排水孔縱向排水及階段排水等方式，以減少逕流入崩塌地，防止坡面沖蝕及崩壞現象之發生。
- (3) 格樑段利用鋼筋混凝土施作格樑擋土牆、丁條與順條間以錨釘固定，模版組立後以280kg/cm²強度混凝土灌漿以達到安定坡面，保護坡腳之目的。

2. 植生工法：

以客土袋內裝混合草種、土壤安定劑，複合緩效性肥料填置於型框內，並覆蓋細砂

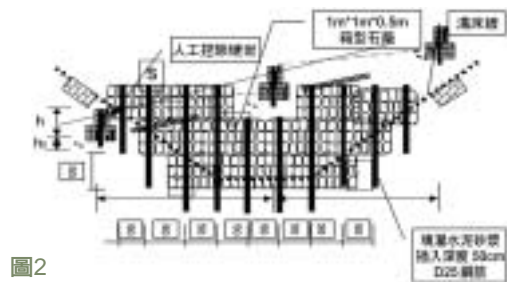
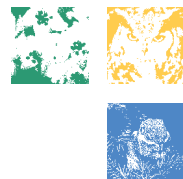


圖2
第 工區鉅籠節制壩面圖





土於坡面上，防止邊坡沖蝕，穩定邊坡，以達到水土保持及綠化環境。

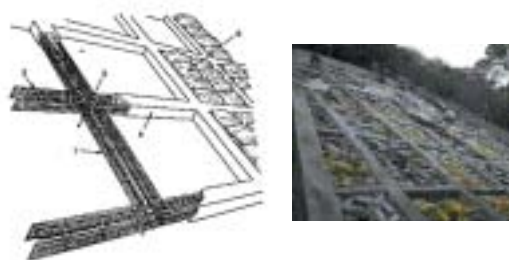


圖3 第 工區格樑與植生護坡示意圖

(三)第 工區（哨船街80巷後方）

本區崩場地崩積土呈塊狀崩落，多處處於較不穩定狀態，故需配合部分基礎工程，除防止災害再次發生外，更造成較佳的植生環境，以利植生導入作業，本區使用之主要施工方式有：

1.基礎穩定工法：

- (1)源頭截水工於稜線上方填補裂縫及源頭施作分水截水工，防水進入崩塌區。
- (2)整坡工因處陡坡，於適當地點設施繩索以利人工攀爬於坡面，進行鬆土清理及局部整坡，以利植生作業進行，同時填塞部分因降雨所形成的蝕溝，防止其持續擴大，減少泥砂災害之發生。
- (3)坡趾保護工設置石籠擋土牆，配合集水井等簡易擋土設施之施作，達到安定坡面、保護坡趾及防止土石滑落之目的。
- (4)坡面排水工應用坡頂排水，縱向排水及崩場地內之階段排水等方式，以減少逕流流入崩場地，防止坡面沖蝕及崩壞

現象之發生。

- (5)危木處理工對於崩場地範圍內或鄰近之樹木，須予以截短，俾利施工。

2.植生工法：

- (1)打樁編柵工使用鋼筋樁於適當距離打入土中，並以PE網、鐵絲網等材料編織成柵的方法。主要用以改善坡度，防止沖刷，造成有利植物生長之環境。
- (2)噴植工種子混合肥料及黏著劑加水攪拌後，以強力壓縮機，噴植於坡面。

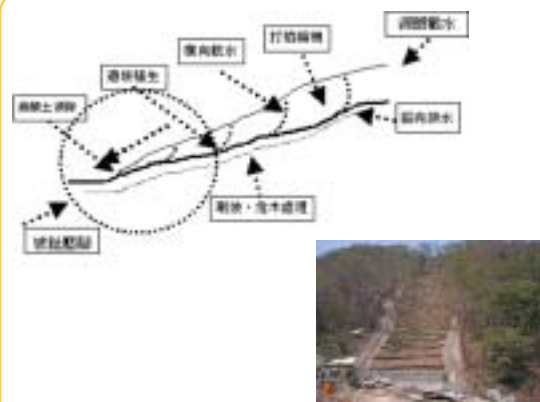


圖4 第 工區崩場地治理模式示意圖

五、生態工法應用之成效探討

生態工法之應用於治山防災工程，始於九二一地震後當時重建委員會郭副主委清江推動「源頭整治」的生態工法，取而代之成為主流，源頭整治的觀念在於設想源頭的所有問題，解決裂縫和水的問題，有裂縫會產生崩塌，崩塌後又發生新的裂縫，水就會灌進來，而一再循環發生。故治山必先治水，需將坡頂水移開，其次裂縫需填補，危木需

去除，坡面需整理，整理好後坡面變得只有雨水，而雨水會加速流下來，必須截水，所以選用打樁編柵做橫向截水，配合縱向排水讓水得以完全流下，如此坡面就會穩定，另在坡面上種草、植樹以穩定邊坡。於是生態工法應用於治山防災初見模型。本工區應用生態工法治理成效如表4所示。

表4 本工區生態工法應用及治理成效評估
(植生完工後近半年)

工區	第 工區	照片
坡面條件	坡面坡度介於35°~50°橫坡長間隔二公尺	
成效 (植生覆蓋度)	基礎穩定工： 擋土牆上方(近垂直)陡坡些許土方滑落。 植生工法： 植生生長情形良好	
工區	第 工區	照片
坡面條件	坡面坡度介於35°~50°痕配合格樑植生穩定	
成效 (植生覆蓋度)	基礎穩定工：穩定 植生工法： 草皮覆蓋率百分之百	
工區	第 工區	照片
坡面條件	坡面坡度介於35°~50°痕厚層噴植(>5cm)痕適用於硬岩坡面	
成效 (植生覆蓋度)	基礎穩定工：穩定 植生工法： 草皮覆蓋率百分之百痕且喬、灌木生等複層植生痕鄰近樹木種子掉落生長。	

六、結論與建議

以生態的方式來解決環境破壞的情形，進而藉生態工法的導入恢復大自然原來的面貌，是未來水土保持工程必走的路，尊重大自然，即能和萬物共享大地。生態界常有的名言：動植物的生長就是人類將來生存的環境指標，當我們破壞了原生生物的棲息地，

是否也意味著我們的環境越來越差，當某些生物滅絕、食物鏈產生變化是否也意味著將有災害發生或食物的短缺。生態工法強調「多孔隙」於大地就如同毛細孔於動植物一樣的道理，大地有孔隙，過多的水就能順利的排出，生物也能築巢繁殖下一代。「就地取材」意味著應用當地本土材料(砌石、原生樹種)。「生態原則」如同大地不封底，爬蟲類生物就能存在，就保有生物多樣性，「坡緩階段」代表低災害及具有親近的特性，運用邊坡整治則使人類具有活動空間，爬蟲類生物也可以來回爬上爬下活動。

然而目前國內治山防災應用生態工法僅於觀念的推展，並無訂定生態工法的相關的技術規範及實施方式，將來更需有配套措施當誘因以利推展，在實務的施行上「生態工法」一般認為代表單價高、施工期長、安全性、驗收期長、保固期不確定等等因素，在現今講求速戰速決、美觀安全又要保固多年的公務體系中兼顧生態工法推展是有點難度。水土保持治山防災工程很難捨棄水泥不用，應該是仍為傳統工法融入「源頭治理」、「打樁編柵」、「植生工法」的生態理念，以多孔隙材料、就地取材、符合生態原則等，創造出符合生態保育及兼具景觀的施工方式為生態工法的範疇。🌱

參考文獻 (請逕洽作者)