

營造友善環境的生態工程案例分享

文／圖 ■ 張凱博 ■ 林務局南投林區管理處治山課技士

一、前言

隨著臺灣工商業的繁榮發展，人口不斷地快速成長，在平原與盆地地區無法滿足國人生活需求的情況下，漸漸轉往山坡地進行開發，在過度開發丘陵山地後，臺灣原有的大面積植被覆蓋快速減少，忽略開發及水土保持兼顧的重要性，因此，每當颱風、地震及豪大雨發生時，原本可視為天然地質行為的山崩土石下移等，直接影響中下游民眾的安危。

天然災害對民眾生命財產造成極大衝擊，在傳統以人為本之設計考量時，治山防洪工程往往偏重設計安全、堅固、經濟實惠、施工便利的工程，而忽略生態環境的考量，雖達到保護目的，但也可能對環境、生態造成一定影響。近年來生態保育議題逐漸受到重視，如何降低工程對自然環境的衝擊，兼顧國土開發利用與自然保育，成為臺灣社會當前最重要的環境課題。

傳統治山工程常用防砂壩、跌水工及護岸設施，雖達到調整坡度、穩定邊坡及保護河岸安全之功能，但高聳的人造設施卻往往造成動物棲地消失或棲地間阻隔等效應，嚴重影響生態環境健全，因此，南投林區管理處今年辦

理「魚池鄉白石牙野溪整治工程」，在確保工程效益及安全前提下，嘗試營造友善環境的生態工程，讓該區野生動物於整治後依然可於該區無礙通行，讓治山防洪工程與生態保育更為融合。



▲圖1、多一份生態考量，營造出友善環境的生態工程。
(攝影／林永欣)

二、白石牙野溪整治概述

白石牙野溪位於南投縣魚池鄉，屬林務局所轄埔里事業區第76林班範圍，102年7月12日強颱蘇力颱風侵襲臺灣，受颱風影響，全臺出現強風豪雨，造成多處地區淹水、道路坍方交通中斷事件，魚池地區在這次颱風24小時內累計雨量高達332.5mm，強降雨引致

白石牙野溪上游坡地發生崩塌，崩落土石混合洪水形成高含砂流體，向下流動爆發土石流，土石流沿途切割兩岸，土石量體愈滾愈大，最後土石流沖出溪谷，大量堆積淹沒附近農地並危及大林村居住安全及影響當地觀光產業。

災害發生後林務局南投林區管理處與水土保持局南投分局共同會勘，確認此野溪下游有保全對象，確有治理之必要，並協調上游林班地由林務局治理，下游一般山坡地由水土保持局接續整治。

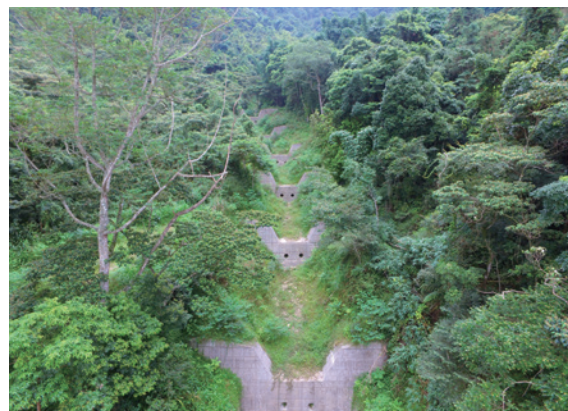


▲圖2、白石牙野溪土石流淹沒附近農地（攝影／張凱博）



▲圖3、白石牙野溪上游土石流切割兩岸，形成V型山谷。（攝影／張凱博）

權責分工確定後，為避免災害持續擴大，南投林區管理爭取當年度經費，先於上游陡峭V型峽谷設置1座防砂壩及2座潛壩，先對土石輸出作有效控制，隔年再接續興建6座潛壩以調整溪床坡度及控制流心，並增加土砂庫容量及維持生物橫通道暢通，本年度(105)接續辦理第3期整治工程，除考量工程整治效益外，還納入生物需求，以少量經費設置生態廊道，讓生物於整治後依然可於本區暢行無阻，營造生態友善環境。



▲圖4、白石牙上游施設連續潛壩以調整溪床坡度及控制流心（攝影／林永欣）

三、營造友善生態環境的治山工程

白石牙野溪生態自然豐富，工區設計過程中發現鄰近工區竹林裡及牧草區有山豬出沒覓食，樹林中成群嬉鬧蹤跡；河道也發現莫氏樹蛙、白額樹蛙、拉都希氏赤蛙、黑蒙西氏小雨蛙等多種蛙類出沒繁殖，當然蛇類如過山刀等也時常在河道附近現蹤，工程整治如何兼顧生物多樣性保育，減少工程施作對環境的衝擊，是工程設計時需納入思考的。

本工程設計以生態為基礎，安全為導向，環境景觀及節能減碳為輔，綜合規劃設計。

1. 災害防治考量

考量整體治理效益，本工程接續前期系列潛壩施作，下游坡度已較為平緩且河岸較為低矮，配合地形宜採護岸河道方式延續整治，並可於下游擴大斷面營造土砂庫容區，配合平時維護管理，可有效維護下游保全對象安全。



▲圖6、「魚池鄉白石牙野溪整治工程」於下游擴大斷面營造土砂庫容區，配合平時維護管理，可有效保全下游九族文化村及大林村民安全。（攝影／林永欣）

2. 生態設計考量

本工程採用護岸及固床工等 2 種水保單元進行治理，其生態設計考量如下：

護岸設施是一種沿河岸連續構築於岸坡之構造物，可保護河岸安全及穩定坡腳，防止溪岸遭洪水冲刷流失或邊坡崩塌，惟護岸條狀設施常造成動物橫向通道受阻，致棲地間產生阻隔。考量本區河岸兩側分佈竹林及牧草區，盛產竹筍及牧草筍，為山豬食材，山豬常須穿越河道覓食，設計時觀察山豬常出沒山徑位置設置生態廊道，生態廊道的作法是先於護岸開口，增設封牆，考量水流冲刷基礎排列現地大塊石，坡面採緩坡設計，表面鋪設植生袋營造較近自然的動物通道。



▲圖7、設計供山豬通行之橫向生態廊道（攝影／張凱博）

固床工為一橫向構造物，常採用連續施設方式而構築成一系列固床工，以調整河床坡度及控制流心，然固床工形成之高差將會限制蛙類及爬蟲類等小型動物沿河道縱向通行，為避免固床工高差阻斷縱向通道，設置高差通行方塊，其作法是於固床工兩側設置緩坡爬坡，表面鑲砌現場塊石增加糙度，供動物通行使用。



▲圖8、設計方便蛙類及爬蟲類攀爬的高差通行方塊（攝影／張凱博）

在確保工程效益及安全前提下，設計友善的縱、橫向生態廊道，使用少量經費將生態思維融入治理工程，降低工程對生態環境的擾動並採用生態友善工程設計，將使工程整治及生態保育更為和諧。

3. 節能減碳考量

本工程為穩定兩側回填邊坡安全，設置橫向排水溝加強坡面排水，排水溝以植生袋疊砌而成，護岸頂層也應用植生袋收邊，確保坡面水順利排入河道，植生袋裝填現地土砂拌合草種及肥料進行植生綠化，節能又減碳。



▲圖9、以植生袋疊砌而成的橫向排水溝，加強坡面排水，穩定邊坡安全。（攝影／林永欣）

4. 環境景觀考量

整治區結合景觀設計後可營造出綠美化環境，本工程回填坡面採緩坡設計，坡面撒播草種並覆蓋稻草蓆，快速回復地表植生綠化，坡面導入本處自有苗圃培育楓香及赤楠等本土樹種，進行層次造林，營造生物友善棲息空間。



▲圖10、坡面導入楓香及赤楠等本土樹種，層次造林。（攝影／張凱博）

四、治理專精成長營

本工程為南投林區管理處自辦規劃設計案件，為將自辦設計經驗傳承新進同仁及提升林務局同仁於治理工程之專業能力，南投林區管理處 105 年度辦理「治理專精成長營」訓練計畫，總時數達 33 小時的課程，採取每週 1 天的授課方式，內容涵蓋基礎訓練課程、室外實習課程及進階設計演練課程，從淺到深由內而外做有系統的訓練，豐富的訓練內容吸引林務局各林管處及工程顧問公司報名參加，透過一系列核心技術訓練，精進工程專業職能及設計能力。

105 年 5 月 14 日開訓首日，特邀請行政院農業委員會工程查核小組講授「集水區調查規劃」、「治山防災工程測量設計」、「土石流防治」及「規劃設計施工常見缺失」等課程，以深入淺出的方式進行知識經驗傳承，使參訓人員收獲良多。



▲圖11、治理專精成長營開訓，張處長岱開訓致詞。（攝影／胡伶宜）

第 2 週邀請行政院公共工程委員會 PCCES 維護推廣單位，講授「編碼編列方式與

應用」、「公共工程技術資料庫計畫簡介」、「公共工程細目編碼說明」、「編碼之應用」、「工程會政策說明」及「公共工程經費電腦估價系統簡介(PCCES)」等課程，以淺顯易懂的授課方式，使參訓人員對公共工程編碼有更進一步的瞭解，更能於預算編列時加以應用，以提升編碼正確率並強化未來公共工程編碼應用之推廣。

第3週邀請農委會工程施工查核小組、中興大學水土保持系及林務局同仁，講授「工程環境景觀營造新思維」、「水理演算及審查注意事項」、「林務局相關資源運用介紹」及「自辦規劃設計參數取得方法及運用」等課程。本次訓練除加強安全導向的水理分析及演算能力訓練外，更導入工程生態環境景觀之教育，使參加教育訓練工程人員在安全的考量外，對環境生態景觀有更深層的認識，創造出符合環境需求的永續工程。

第4週由南投林區管理處同仁分享「國有林地自辦設計電腦繪圖經驗分享」，綜合基礎課程研習成果，分享自辦設計程序經驗；下午室外測量實習課程登場，動用超過6台全站測站經緯儀，透過分組演練讓參訓人員熟悉儀器之操作技巧及團隊默契，深化測量基本素養，最後進行座標測量及放樣測量之測驗，以驗收參訓成果。



▲圖13、透過分組演練讓參訓人員熟悉儀器之操作技巧及增進團隊默契(攝影/胡伶宜)

第5週安排參訓人員至魚池鄉白石牙野溪整治工程現場辦理施工查驗演練及河道地形測量演練，實際進行各類測量模式訓練，以提升現場測量能力，透過本次紮實的訓練，全面提升參訓人員之測量實力，成為林務工程測量新尖兵。



▲圖14、學員至魚池鄉白石牙野溪整治工程現場進行各類測量模式演練(攝影/胡伶宜)

結束基礎訓練及室外實習課程後是這次訓練的重頭戲—進階演練課，課程提供實際案例供學員演練，讓學員學以致用，發揮創意設計巧思，期間於 105 年 8 月 30 日辦理設計討論會並邀請專家協助指導，透過實際案例研習讓學員掌握整體設計流程及技巧。

「治理專精成長營」於 105 年 11 月 9 日結訓，辦理設計成果發表會，展現成長營精良的訓練成果，發表會後緊接著頒發團隊設計獎項、個人結訓證書及測量合格證書，讓學員收穫滿滿。



▲圖15、治理專精成長營結訓，陳副處長耀榮頒獎給最有潛力學員。（攝影／胡伶宜）

五、執行成果

本工程契約金額約為 745 萬元，於 105 年 5 月 19 日開工，並於同年 9 月 26 日完工，計施作護岸 278 公尺、固床工 14 座、生態方塊 26 處、生態廊道 2 處、植生綠化 4,873 平方公尺。工程完工後有效控制土砂下移，保護下游大林村民安全、香菇產業每年 7,000 萬產值及九族文化村每年 100 萬人等觀光產業，另增加植栽面積 0.5 公頃，20 年內約可吸收二氧化碳 136 公噸，清疏 11,000 立方公尺土

砂，減少外運所排放二氧化碳約 60 公噸。

本工程使用少量經費設置橫向生態廊道供山豬通行及於固床工高差處設置縱向高差通行方塊方便蛙類及爬蟲類攀爬通過，在確保工程整治安全下，建構生態友善的治山防洪工程，使森林良好的生態資源得以永續發展。

六、結語

將生態思維融入治理工程，降低工程對生態環境的擾動並採用生態友善工程設計，將是未來治山防洪工程之趨勢，在確保工程效益及安全前提下，適當加入生態考量，可有效降低工程對自然環境的衝擊，建構生態友善環境的治山防洪工程。

本工程基於對本區生態的瞭解，因地制宜將生態思維融入治理工程，針對相關水保單元造成之阻隔效應提出對策，設計方便蛙類及爬蟲類攀爬通過的高差通行方塊及供山豬通行之橫向生態廊道，以少量經費建構生物的縱、橫向廊道，讓生物可在整治區內通行無阻，建構更符合森林生態系需求的治山防洪工程。▲

參考文獻（請逕洽作者）



（圖片／高遠文化）