



# 生態工法應用於河川治理

文、圖 ■ 李錦育 ■ 屏東科技大學水土保持系教授兼系主任

## 一、前言

由於台灣具有下列特殊的自然環境，極易造成水土災害。

### (一) 地理位置

台灣位於亞洲大陸外緣，花彩列島的中段，也就是琉球弧與菲律賓弧的交會處，屬於火山島嶼，在大地構造上，台灣島跨歐亞大陸板塊與菲律賓海盆板塊，具有甚多活動斷層，由於板塊擠壓，地震頻繁，為地殼脆弱的地帶。

### (二) 氣候

1. 台灣年雨量平均高達2,510mm，為高雨量地區，最大雨量記錄300mm / hr，1,672mm / 24hr，八七水災日雨量最大在斗六為1,001mm。台灣是屬於降雨量及降雨強度大的地區。
2. 依據統計每年侵襲台灣的颱風平均有3.2個，由於引進西南氣流，幾乎每個颱風都帶來豐沛的雨量，台灣每年因颱風洪水災害損失約達新台幣60億元。
3. 土壤沖蝕與降雨量、降雨強度和持續時間有密切的關係。降雨量愈多、降雨強度愈大、持續時間愈久，土壤受沖蝕愈大。

### (三) 地形

#### 1. 高度

台灣面積平原約占1/4，山地約占3/4，依地理學者的研究，平均高度為660m，最高為玉山，標高3,952m，全島高度1,000m以上的面積約占31%，因此，台灣是一個高山的島嶼。

#### 2. 坡度

坡度對於土壤沖蝕的影響很大，越陡、地表逕流速度越快、沖蝕力越強。台灣的平均坡度14°40'，為高坡度地區。

#### 3. 坡長

台灣坡地土壤的透水性，一般都不強，所以坡長大時，逕流的沖蝕力很強。

#### 4. 坡形

坡面越崎嶇，增加土壤逕流量，對於容易沖蝕的土壤沖蝕作用越厲害。

#### 5. 坡向

迎風向之坡面沖蝕作用較大。

### (四) 地質

1. 台灣島約在400萬年前蓬萊造山運動，島嶼地塊與亞洲大陸地塊強烈擠壓，把海底的沈積物推擠到海平面以上形成，地質年代很輕，以地質構造而言，本島之岩類有

- (1) 變質岩約占1 / 2 (中央山脈主體)
- (2) 沉積岩約占近1 / 2 (西部丘陵台地、平原、東部溪谷、海岸山脈)
- (3) 火成岩約有20餘平方公里 (大屯火山群、基隆火山群)

2. 台灣因造山運動擠壓造成一系列前陸褶皺斷層帶，共有七個大斷層 (金山、竹湖、三義、觸口、屈尺、梨山、台東縱谷) 七個斷層。
3. 台灣南部泥岩地區土壤相對沖蝕性高，中、南部砂頁岩、西北部軟砂岩土壤同樣沖蝕性稍高；西部丘陵地以砂質壤土居多，土壤抗蝕力較強。

## (五) 河川

台灣地區共有主要河川21條，次要河川29條，普通河川81條及無數的野溪坑溝，由於受地形影響，各河川流短水急，河川侵蝕作用力大，河川流量隨降雨而迅速漲落。

## 二、生態工法之設計原理與應用

### (一) 生態工法之定義、設計原理與應用範圍

在過去數十年，已有相關學者專家針對生態工法作出定義，而這些定義是依據不同的措施所決定的。生態工法名詞本身主要可歸因於Odum的所下的定義“人類運用少數補充的能量，來控制系統並進行環境的改造；而這些能量主要仍來自於自然的資源”(Odum, *et al.*, 1963)。Mitsch and Jorgensen (1989) 則定義措施為“符合人類社會與自然環境彼此利益的設計”；這定義稍微改善成

“設計永續的生態系整合人類社會與自然環境彼此利益”。Mitsch並建議生態工法的目標為恢復人類干擾的生態系，並發展一含有人類與生態價值的永續生態系統；而此定義有數個重要的成分，亦即：(1) 施作措施應基於生態科學的基礎；(2) 生態工法應有較寬的定義，以包含所有類型的生態系與潛在的人類及生態系間的相互作用；(3) 應包括工程設計的概念；(4) 應瞭解系統的基本價值。生態工法定義的較為廣泛，並在幾個問題區域提倡它的應用，而這些保護的應用範圍，應包括：

1. 生態系統的設計 (生態技術)。為了滿足多樣化的人類需求，而必須在人為 / 能量集中的方式作一取舍。
2. 毀壞的生態系復原，並減少發展的行為。
3. 經營、利用與保育自然資源。
4. 在建構的環境中維持社會與生態間的完整性。

### (二) 河川治理規劃之檢討

水資源之運用必須合理的加以效率管理與調配，並充分瞭解水資源為一種有限的自然資源，水資源的運用，將不再是單純「利水」事業的經營，而是轉為取之於河川，回歸於河川水文循環之思維。早期河川防洪主要目標，在防止河道氾濫，治理規劃以築堤束洪為主要手段；未來的河川流域整體治理規劃，必須同時考量河川上、中、下游之整治，通盤檢討流域整體淹水及積水之原因，改變以往水土分治、主流支分別治理之作



法，由前述可知：台灣的自然地形環境與地質條件特殊，上游集水區多屬不穩定的脆弱地質，地表容易崩塌下移，而傳統水利工法或河川整治，則較偏重水利工程處理，如防砂壩、潛壩、丁壩、固床工及擋土牆設施等，皆構築大量之鋼筋混凝土，以強調其安全性及耐久性，卻較少考量生態環境因素所造成的衝擊，因此在治山防洪與生態保育間應有一最佳平衡點，近自然生態工法是減輕人為活動對溪流的壓力，維護溪流生態生物多樣性與生態系統平衡，並恢復自然環境的一種最佳管理措施。根據研究指出，有關溪流環境整治的基本要點，茲分述如下：

1. 地區性物種及脈動的情形是近自然生態工法的首要思考方向，目標物種的生活習性、水資源環境保護、植生復舊、水流流速及流量等因素。
2. 溪流河道改善，避免過度截彎取直，造成下游強烈的沖蝕與洪患，維持及保存原有的自然蜿蜒，以減緩流速，達到多樣性的環境。例如：深潭、淺灘、離岸緩流、小溪溝、瀉湖及濕地等多樣性的水邊環境是生物棲息的最佳場所。
3. 護岸所採用的工法，須考量當地河川水理特性、河床坡度及土地利用現況，以營造出最適合生物生存環境及多孔隙的自然景觀，並考量兩棲類動物的特性與其活動路徑。
4. 溪流地的利用應減少硬鋪面，增加可生長植物的土壤面積，若需設計必要的硬鋪面，則應採透水性的自然材料，以盡量保

存河溪自然原貌。

5. 保護溪流生態中的原生植物與植被型態，儘可能增加綠覆率。復育河岸的自然植被，是穩固河岸最經濟及永續方法，只要有充分的時間及適當的保護，將可使自然的原生植被重新穩固被破壞的河岸。
6. 溪流生態環境的調查，必需長期監測，以免以偏概全，導致判斷錯誤。

#### (四) 生態工法的應用

為創造一個適合生物生長的多樣性溪流，因此溪流治理之重點，乃在於增加生物的歧異度，且必須從溪流平面及其縱、橫斷面形式的配置上，予以充分的整體考量。

##### 1. 護岸種類

(1) 塊石乾砌工；(2) 蛇籠綠化工；(3) 塊石護岸；(4) 拋石護岸；(5) 抗沖蝕網；(6) 抗沖蝕網配合植生；(7) 拋石(砌基)工；(8) 木框格牆上加植栽；(9) 打樁編柵。

##### 2. 固床工

(1) 石樑固床工；(2) 河床拋石；(3) 圓木潛壩；(4) 低矮之連續性潛壩。

### 四、溪流整治個案分析

#### (一) 調查地點

1. 北部：基隆市友蚋溪、台北市虎山溪、內湖大溝溪及台北縣大屯溪。
2. 中部：台中市梅川。
3. 南部：屏東縣新埤鄉建功村森林親水公園。
4. 東部：宜蘭縣礁溪鄉匏崙村小礁溪。



圖1 自然塊石堆砌護岸



圖3 不封底式固床工



圖2 蛇籠護岸



圖4 固床工結合魚道功能

## (二) 整治項目

### 1. 護岸種類

複式斷面、護岸坡面、卵石漿砌工、塊石漿砌工、塊石乾砌工、蛇籠護岸、造型模板工、親水護岸及內襯式混凝土工。

### 2. 固床工

自然拋石、封底工法、不封底工法及封底面鋪石。

### 3. 生態考量

調查棲地生態、改善棲地措施及確保水質。

### 4. 植生

景觀區綠美化、護岸斷面植栽、護岸塊石穴植及河岸綠美化。

## (三) 分析探討

### 1. 北部

#### (1) 基隆市友蚋溪

採用自然塊石堆砌而成的緩坡護岸，提供植物及水岸動物棲息環境，並減少運用混凝土擋土牆及護岸，考慮溪流生態環境與工程結合（如圖1）。而其下游段，則因流量穩定，溪岸較無沖蝕情形，大部分保留其自然狀況；中游段為自然塊石堆砌護岸，保有多孔隙以提供山水柳、野桐、五節芒、孟仁草和蕨類等植物入侵，並配置蛇籠以增加護岸之安全性（如圖2）。

#### (2) 台北市內湖大溝溪

採用不封底式固床工，有利於地下水補



圖5 自然塊石之護岸有利植物生長



圖7 保留濱岸林



圖6 防砂壩



圖8 大屯溪下游設置魚道

注，溪床設置魚礁及考慮魚類躲避處，而跌水工不僅具有消能、防止縱向沖蝕、穩定河床等功能外，更增加水中含氧量，以利於水中生物生存（如圖3）。固床工結合魚道理念，模仿天然魚道形式，有利於魚類通行，並以拋石工法創造近自然棲底環境，如深潭、淺灘及急流等溪流型態（如圖4）。在護岸斷面上栽植矮莖綠美化植物，以綠化渠道及社區環境，供鄰近居民觀賞。

### (3) 台北市虎山溪

工程項目配置有潛壩、梯形跌水工、淨水池、防砂壩、砌石固床工、水潭、戲水平台及木長廊等，砌石護岸有利於動植物之附著生長，原隙縫栽植鳳仙花、九重葛、腎

蕨、筆筒樹等植物；並以原石疊砌之固床工分段蓄水、增加地下水補注，而由不同水深營造出多樣性棲水環境（如圖5及圖6）。

### (4) 台北縣大屯溪

大屯溪位於台北縣，發源自大屯山系的小觀音山（海拔1,066m）與菜公坑山（海拔877m），流經石槽坑、三角埔子、草尾埔及大屯橋，而於北海岸流入東海。大屯溪由東南向西北，流經三芝鄉與淡水鎮，全長14.5km，河床平均坡降約7.5%。大屯溪的流域面積約15.7km<sup>2</sup>，為台灣北海岸大屯山系獨流入海的縣管河川，為淡水鎮第二大河川（如圖7）。為了保有大屯溪自然溪流景觀及發揮濱岸林功能，濱岸林可提供遮陰效果，降



圖9 梅川河岸空間景觀綠化



圖10 河中小島，提供生物棲息環境

低溪流水溫，因為水溫升高以後，非常不利於這些魚蝦的生存，所以保留濱岸林，如百年茄苳等。有些水中的生物，需要植被的落葉來作為食物，也是食物鏈的一環，如施作水泥護岸，將對整個生態保育工作，產生非常不良的影響；另一方面，為了溪中迴游魚類，亦設置了魚道（如圖8所示）。

## 2. 中部

梅川，位於台中市文化中心及美術館，河岸空間景觀綠化，讓梅川重回自然之模樣，同時與藝術文化相結合，將文化中心、美術館及園道之休閒空間作完整串連結合，改善成為具有親水、遊戲、休閒等活動功能之河岸空間，加強地區之文化意象，使其兼具文化（以龍為主題之意象設計以及文化牆面）、社交及教育（生態解說、綠化）之功能。打破原有U型排水溝護岸與欄杆，以降低整體坡度和塑造自然之河道空間，為避免空間改善後之河道遭受沖刷，採用預鑄混凝土連鎖板塊予以保護河床及河岸，板塊上設計預留孔使能夠種植水生植物，並能藉由其過濾水質，而增加透水性予以補充地下水。

在河道上游則設計沈沙地、粗細網目格柵網、木炭放置籠以及河道噴泉，藉著沈沙、過濾、除臭及曝氣之步驟，以物理方式達到都市水質初步淨化之目的（如圖9及圖10）。

## 3. 南部

屏東縣新埤鄉建功村森林親水公園，面積約為23ha，規劃區內擁有四處湧泉（如圖11），而景觀池區邊緣與池底的變化性（包含坡度很緩的堤岸設計，有不同的深度及生長行為的原生的濕地植被，草類及灌木叢），對棲息地的創造是相當的重要。

## 4. 東部

小礁溪位於宜蘭縣礁溪鄉匏崙村，屬於羅東林區管處所轄宜蘭事業區第32林班，集水區面積為377.2ha。由於早期開發甚早、區內濫墾果園遍佈，水土保持保育工作未被重視，導致嚴重山崩；而在2000年11月的象神颱風，並有大量伏流水滲出，對於岩壁之穩定造成相當大的影響，產生大量土石堆積山谷，洪水氾濫造成嚴重災害。小礁溪主要以階段式開口固床工並且表面砌石，護岸採用內襯式混凝土砌石，防砂壩採用複式溢洪口



斷面，魚道懸掛於壩體下游面，沿壩體面「Z」字型迂迴上升。

## 五、結論

近年來，台灣地區頻頻遭受嚴重的天然災害，環境資源潛藏壓力與日俱增，颱風、暴雨、地震、地質破碎等固屬天然因素，但亦有相當部份係因人為破壞或疏失所造成。溪流整治工法將逐漸嘗試不同方式，亦考量當地生態環境及水中生物棲息，如台北市許多整治案例，不僅考慮安全性，更發揮溪流的遊憩功能、供居民親近溪流機會。改變過去將溪流以排水溝方式整治，溝渠化所造成景觀不協調及人們無法親近，同時嚴重破壞

溪流生態，如濱岸林、溪底生物或魚類生存等。生態工法是未來必行之趨勢，台灣目前成功案例並不多，此時嘗試階段，從錯誤中學習經驗，大部分引用國外方式，所以台灣溪流整治方式迫切需要以整體性來深入探討，以提供不同溪流環境，實施適合之生態工法。因此，應落實相關法令規定，透過教育宣導協助政府，強化環境資源及生態需監督管理，力求土地合理利用，從保育水土資源做起，繼而間接涵養水源、減輕天然災害、維護公共安全，以建環境資源及生態保育目標。♻️

## 參考文獻（請逕洽作者）



圖11 天然湧泉