

# 生態工法在崩塌地復舊之應用

◎林業試驗所集水區經營組·黃瓊澎

## 前言

經過賀伯颱風的洗禮和921地震的重創，隨後又有敏督利、海棠、龍王諸颱風肆虐下，台灣在這十年內經歷了無比的劫難，卻也激起了全民對環境倫理和生態工法的深切認知，同時也期望能藉著生態工法的推動，使得受傷的環境得以恢復蓬勃生機。「國土復育條例(草案)」和「國土復育策略方案暨行動計畫(草案)」就在這種時空背景下被提出來。其內容中規定：

下列範圍應劃入國土復育促進地區：

1. 土石流潛勢溪流影響危險地區。
2. 崩塌地區。
3. 超限利用土地集中之地區。
4. 嚴重沿海地層下陷地區。
5. 河川有生態環境退化或危害河防安全之虞地區。
6. 生態環境已嚴重破壞退化地區。
7. 遭違法佔用之地區。
8. 其他對水土保持有嚴重影響之地區。

土石流和崩塌的嚴重性，此時被凸顯出來。根據行政院農委會水土保持局2006年調查資料顯示，台灣目前崩塌地共有30,482處，合計43,570公頃。而本所管轄試驗林地，在包括沿著北部的福山林道，南部的扇平、南鳳、鳳崗、多納林道，以及東部的依麻林道，都發生大小規模的崩塌，也成為林道維護工程中，主要的治理工作項目。

崩塌為風化物質受重力作用，產生向下移動的現象。崩壞的形式及速度差異很大，有些慢到難以查覺，如潛移；有些則幾乎是在瞬間產生，如山崩。一般而言，坡度陡、暴雨多、水土保持不良、風化物質豐富的地區，較易發生崩壞。快速崩壞的發生，常與岩石碎屑中的水分突然增加有關。崩塌地處理係利用工程與植生方法，將崩塌地加以整治使之達到安全穩定之目的。台灣常見之崩塌類型可分為：山崩、地滑、潛移、土石流、沖蝕等五大類，其處理步驟首重崩塌原因及崩塌類型之調查，再根據地形、地質及土壤之特性，進行穩定之分析，並採取適當之植生保護措施。



六龜試驗林一林班崩塌地：位於扇平林道2號橋上方，中寮溪右岸。於1996年賀伯颱風來襲，溪水暴漲淘刷溪岸基腳，形成河岸崩塌，有逐年擴大趨勢(黃瓊澎 攝)

## 崩塌地復舊基本原則

1. 堅持水土資源保育和永續生態系經營之理念。
2. 具整合性之規劃：生態工法既然是整合性的解決途徑，應用於崩塌地的復舊時，當

然需結合各有關學門，如造林、生態與地景保育、工程、人文、社會經濟等，進行宏觀規劃。

3. 做好事前的調查工作：崩塌地復育工程規劃設計前，應先進行崩塌地調查，確定其發生之機制並定量求取影響崩塌活動之參數，以作為研究規劃之重要依據。
4. 為兼顧安全和生態，務必慎選工法。崩塌地整治工程亦可分為抑制工程與抑止工程兩大類。抑制工程是指以改變邊坡之地形或地下水等自然環境，來穩定邊坡的各種工程設施，如整坡、排水等；抑止工程是指以工程結構來抗制滑動，具即效性，如樁、擋土牆等。整治工程除了應考慮最佳報酬率外，整個計畫的緩急程度亦不容忽視，故整治工程應依各種調查結果擇一或組合數種工法，做最有效的應用。
5. 適地性和經濟性：生態工法是有彈性的，就地取材因地制宜是基本要求，除了是景觀和生態上的需要外，也能降低施工的成本，將有限的資源做最有效率的使用。

### 崩塌地復舊施做要領

應將崩塌地視為一個集水區單元，以調查的資料做基礎，分成不同的區段進行整治，其重點亦有所區別。大抵可分為五區：

1. 崩塌地影響區：基本上本區並非屬崩塌地，而且外觀上並無立即危險的徵兆出現，但是根據現場各種因素綜合判釋，極可能在崩塌地擴大時，成為新崩塌區域。需採取的預防措施：
  - (1) 移除危岩、危木，減少上方荷重。
  - (2) 將逕流導出區外，或減少水分下滲量。

- (3) 撤離本區居民，以保生命財產安全。

2. 坡頂源頭區：包括崩塌地之頭部和其具體影響範圍，土方崩落或已產生裂縫，處於不穩定狀態。所採取措施：

- (1) 崩塌邊緣裂縫勘查與源頭處理工法。
- (2) 攔截上方地表逕流並引導至安全區排放，以免加速裂縫擴大或崩塌產生。
- (3) 危木和危石清除，適當修整邊緣。

3. 崩塌坡面區：本區是土方滑落區，土壤流失、坡度陡峭，植生自然復舊困難，需輔以較多的人為設施。

- (1) 視地形予以整坡，清除危石和危木。
- (2) 設計合宜的生態工法，如打樁編柵、縱橫向截導水設施、噴植、形框工法、生態造林等。
- (3) 控制坡面蝕溝，避免沖蝕擴大而導致崩塌加劇。

4. 坡腳及堆積區：坡腳崩壞的位置大部分是屬於道路或河岸，由於排水不良或河水淘刷，導致土方崩落支撐力降抵，遂而影響上方坡面之穩定平衡，崩塌由是形成並逐步擴大。在這一區的施工要點，必須審慎分析崩塌原因和力學特性，所採取的措施應具備足夠的力量以穩定基腳，不可僅僅使用脆弱的材料，否則必無法抵擋強大的土壓和水流之衝擊。可採用的措施為：

- (1) 基腳穩定工程，防止其沖刷或崩毀。安全性需求較低的，可使用箱籠、格籠、乾(漿)砌擋土牆等；安全性需求較高的，可使用各種RC擋土牆、鋼軌樁鋼板樁、加勁擋土牆等。
- (2) 導水和排水措施，如截水溝、洩水孔、橫向排水。若屬於河岸淘刷之崩

塌地，另需配合丁壩、潛壩等帶工，以控制流心保護基腳。

5. 土石沉積區：屬於崩場地趾部之區域，是鬆散土石材料堆積處，若不加以處理，恐有妨礙交通、產生二次災害、發生土石流、阻擋水流之虞，因此需要排除之。

- (1) 疏濬沉積土石，以提供足夠的水流空間。
- (2) 棄土必須遠運至適當的堆積場所，不得就地堆置。
- (3) 以生態工法及就地取材為主，構築適當的護岸及固床工。
- (4) 兩岸進行植栽，以防新沖刷。
- (5) 沉積區之全面或局部植樹造林，以作為緩衝帶。

### 崩場地復育常用的生態工法

就技術面而言，為保護生態環境，必須謀求節省資源和能源的技術。基本要求是不污染環境，更進一步要求是資源回收再利用(Recycle)。因此選擇使用的材料，在生產加工過程中消耗能源最少；在使用完之後，再資源化率最大之材料是為首選，概言之，以木材及石材為中心之「生物材料」，最能適合上述條件。但是台灣河川坡陡流急，再加上天然石材有限，為符合自然生態工法就地取材之理念，且考量工程結構安全之前提下，使用人造資材以替代天然石材實有其必要性。國內外許多科技公司，目前已陸續開發出多種維護生態環境與棲地保育之預鑄生態塊體、地工材料、景觀塊體及造型模版，在不破壞工程設施原有防災功能之前提下，以改善傳統工程生硬之外觀，以及對生態棲

地之影響，並將溪流自然工法融入人工構造物中，構建有防災、美觀、親水與生態等多樣化工程環境，達到自然工法之需求。而且人造資材之特點為：

- (1) 具防洪、防災、消能及護坡等功能。
- (2) 有利河川生物棲息與避難。
- (3) 可植生綠美化，維護河川景觀。
- (4) 採乾式施工，可節省工期。
- (5) 塊體連結穩定性佳，提高工程結構安全之保障。
- (6) 模具組拆簡易，可提高工程效益。

因此判斷是否為生態工法應可就下列若干重點加以考量：

- 是否破壞原有地景和生態系？
- 是否達成棲地復育之目的？
- 是否促進物種演替及其多樣性？
- 是否保育水土和其他天然資源？
- 是否符合安全性、生態性、適地性、經濟性、景觀性？
- 無水泥構造物不等同即生態工法；反之適當的使用水泥，亦可以是生態工法。

茲將常用的生態工法列表如下，未能全數涵蓋，僅舉例若干：

1. 源頭處理工法：
  - 外緣危木伐除
  - 坡頂排水
  - 裂隙填補
2. 崩塌坡面區工法：
  - 機械或人工整坡及危石處理
  - 鋪網噴植
  - 鋪肥束網帶配合噴植
  - 打木樁編柵一植生樁

- 袋苗穴植(含撒播)
- 航空植生
- 橫向縱向截水
- 坡面造林
- 固定或自由型框加植生袋

### 3. 坡腳及堆積區工法：

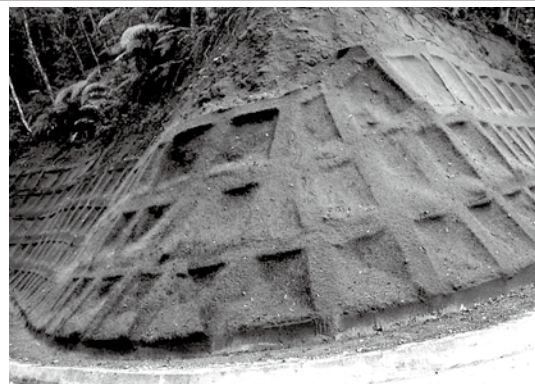
- 砌石擋土牆
- 加勁擋土牆
- 箱籠加噴植
- 鋼筋混凝土格籠壩
- 木排樁擋土牆
- 拋石護岸
- 蜂巢圍束網格緩坡護岸
- 土工合成物網袋填充捲包護岸



福山林道4.5k崩塌地生態工法復舊：2005年龍王颱風為台灣東北部帶來豪雨，引發林道上邊坡的崩塌地。經調查分析後，規劃以RC擋土牆加箱籠穩定基腳、截水溝系統導引地表逕流、掛網植生保護坡面，堪稱典型之生態工法(黃瓊彬攝)

## 結語

崩塌是自然現象的一種，就像颶風下雨一樣。也因為有崩塌、沖蝕、堆積，才造就人類賴以生存的環境。崩塌之所以成為問題，都是因為人的因素而產生。由於人類數



依麻林道5k道路上邊坡崩塌自由型框工法：本路段上邊坡岩性脆弱、風化嚴重、表土流失，以自由型框穩定坡面，並配合植生噴植工法，加速綠美化(黃瓊彬攝)

量的遽增、品質並未隨之進步，濫用資源耗損大地的結果，將必自食惡果。但是人類文明發展至今，斷不可能走回頭路，唯有體認天人本合一，以生態系永續發展的態度去面對災害的發生和採取有效治理的方法，則在改善人類生活環境和健全生態發展上，能獲致一定的平衡。

回顧老子道德經第二十五章有云：「有物混成、先天地生、寂兮寥兮、獨立而不改、周行而不殆、可以為天地母。吾不知其名字之曰道、強為之名曰大、大曰逝、逝曰遠、遠曰反。故道大天大地大人亦大、域中有四大而人居其一焉。人法地、地法天、天法道、道法自然」。所以說道無止盡，天無邊界，地無終點，人無不能；這四大之中，人是其中一環。所以人必須符合大地孕育萬物的法則，大地跟隨天的變化而對應，天則順著道的自然法則而運作。老子認為人類只有效法天地日月四時與晝夜那樣能達到實現「天人合一」、「物我一體」的理想。其實，在中國傳統文化中，早已具有生態工法的概念，可以說是不假外求。☸