

自然生態工法之內涵與應用



國立中興大學 | 林信輝、湯曜滋

南投縣中寮鄉龍興橋上游

一、自然或生態工法內涵

(一) 生態工法之內涵

生態工法或生態保育工程原則上應以研究某區域或周邊範圍生態系生物與其環境相關性之基本資料調查為基礎，瞭解生態系內生物與其生存基本要素（如大氣、水、地質、日照、食物鏈等）之相互依存關係，強調生態系結構之穩定、生態系環境之多樣性，以及生物棲息廊道連續性之創造工法為目標，所進行之相關措施及工程。

一般而言，溪流生態保育研究或工作人員、國家公園或自然保護區之研究人員，較常使用生態工法之名稱，以符合實際之工程設計或規劃理念。

(二) 自然工法之內涵

自然工法在日本稱「近自然的工事」，或「多自然

型建設工法」，部分美語系國家則稱為「Bioengineering」。今為世界各國在工程設計上之重要理念與措施。目前有關自然工法尚無明確之定義與應用及適用之範圍，但綜合國內外相關資料，其廣義的內涵可以說是「對周邊環境保存、維護、永續性利用、復舊及改良所施作的工事，包括生物與非生物材料的應用」，其適應範圍無一定區域及條件，乃是基於環境中各種自然生態及生物棲息地之尊重；所作的最適當處理方式，以達到環境之和諧性。而其狹義內涵應為「取當地之可應用資材，在儘可能不破壞當地生態及環境景觀下，對一般邊坡以及河溪，包括對崩塌地等特殊地所做之整治工程與措施」。一方面考慮結構體的安全性，一方面兼顧當地自然生態系之維護，使得動植物能在人為的生活空間與生育基盤上自然生長及演替。

(三) 治山防災措施之自然生態工法

治山防災構造物應用自然工法之整治目標，依據內（2001）於民國90年8月中日奧砂防工程研討會，就自然區域災害及溪流環境景觀之特性提出自然工法整治目標之課題方案，茲分述如下：

1. 促進生態系之再生能力

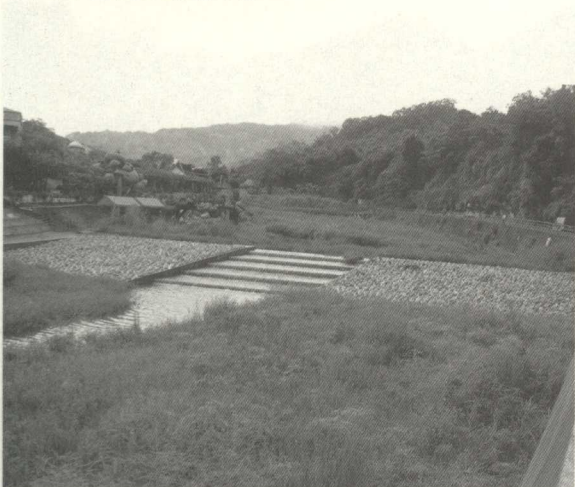
由於山崩等土砂災害，舊有環境破壞殆盡，原先之主體生態結構無法自然復原時，為盡可能達到原生生態系或景觀之再生，依新地形或水域狀況，考量週邊環境上下游流域生態及景觀之連續性，所設計之適合創造生態系或景觀之治山防災構造物。如考量魚類遷移而減低固床工落差；利用緩坡、多孔性材質以提供生物進入及藏匿；增加有機物進入渠道以及能形成水生物所需微棲地（如水潭）之整流工等。

2. 促進生態系之保護功能

需維持環境現況或盡可能保護溪流環境之地區，其治山防災構造物之設計不應以單一構造物個別設計，必須考量全體流域特性，盡量不改變溪流中生物棲息及景觀現況之連續性，設計出具生態系維護及景觀保護之治山防災措施。

3. 促進生態系之復原能力

台中市東山樂園東龍橋下游



需進行溪流整治之地區，依其施工前地區特性之變化及演替情形，以及依生態系與景觀之實況，盡可能採用當地現有之石材、木料等，並以原生植物為主要植生資材，所設計有助於自然復育能力之治山防災構造物。其設計重點應注意濱水林之保存及復育、確保濱水區以及形成適合生物棲息之多孔質護岸。

4. 促進溪流之適當利用

依據立地條件及周邊遊憩用途之潛力，考量當地居民對該河溪的使用，利用原溪流環境，重建（改善）生物棲息地及環境學習、自然體驗地點等多重目的，並同時考量鄰近河溪之整治計畫及現存與將來計畫構造物之相容性，以開創多樣化野外活動空間所設計之河溪整治工程。

以上之構造物設計施工，依自然工法之內涵，仍以工程構造物規模最小化為原則。

(四) 自然生態工法之尺度

生態系（Ecosystem）一詞，其範圍可大可小，可大至地球為一生態系，島嶼可為一生態系，河川亦為一生態系，而小至一小水潭亦可稱為一個生態系。因此在談到「自然生態工法」設計規劃時，所欲保護復育之區域範圍不同，其設計理念及方向即有很大之

台中縣太平市民政橋上游



差異。現茲根據不同考慮尺度時，實物設計之主軸理念，歸納如下：

1. 區域計畫與規劃 (Planning)

此一設計將牽涉一大範圍地域之整體規劃，可能包括特定目標生物復育保護，同時恢復其棲地多樣性及生育之復原。尤其於保護區或國家公園或屬重要保育生態系之等區域，其規劃之整體構想需考量生態系(含農地、森林等維生生態系)之穩定及次級生態系相互間棲地走廊之連結性，其中工程措施、經營管理等為配合規劃目的之次要考慮因素，則較屬於生態工法之範疇。

2. 工程規劃與設計 (Engineering)

當進行實體工程規劃與設計時，規劃區域內土石災害、工程經濟、工程配置及該地土地利用狀況等，均為重要考量因素，由於需因應生活環境之要求，設計時需一併考量工程整體功能、景觀協調美化及周邊保全對象之生活互動等因素，則較屬自然工法之範疇。

3. 工程構造物之設計 (Structure)

依環境特性調查、水文學分析等客觀條件，已確定需進行工程構造物(如防砂壩、護岸等)之地

苗栗縣卓蘭鎮小雪壩瀑布休閒村



點，就合乎保護目的之構造物本身，進行改善構造物之型態與結構以符合部分自然生態目標之設計，即為「治山防災構造物之自然工法」所欲達成之目標。依此原則，其規劃設計之主要考慮方向如下：

- a. 表面粗糙化(結構物表面雜異化)
- b. 高壩低矮化(壩體階段化)
- c. 坡度緩坡化(棲地廊道與景觀美質)
- d. 材質自然化(材料多樣化)
- e. 施工經濟化(現地條件與合理規劃)

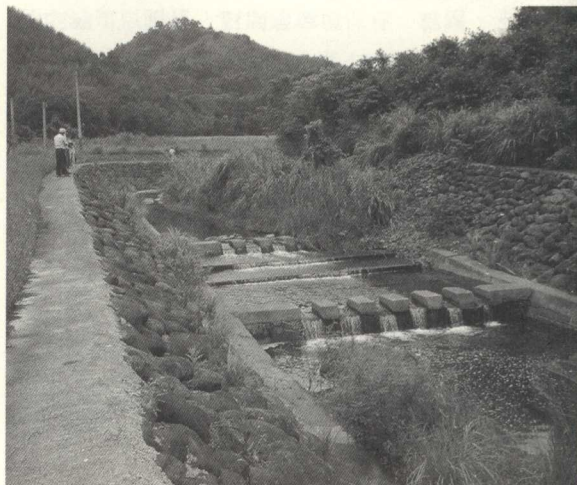
(五) 自然生態工法之研究領域

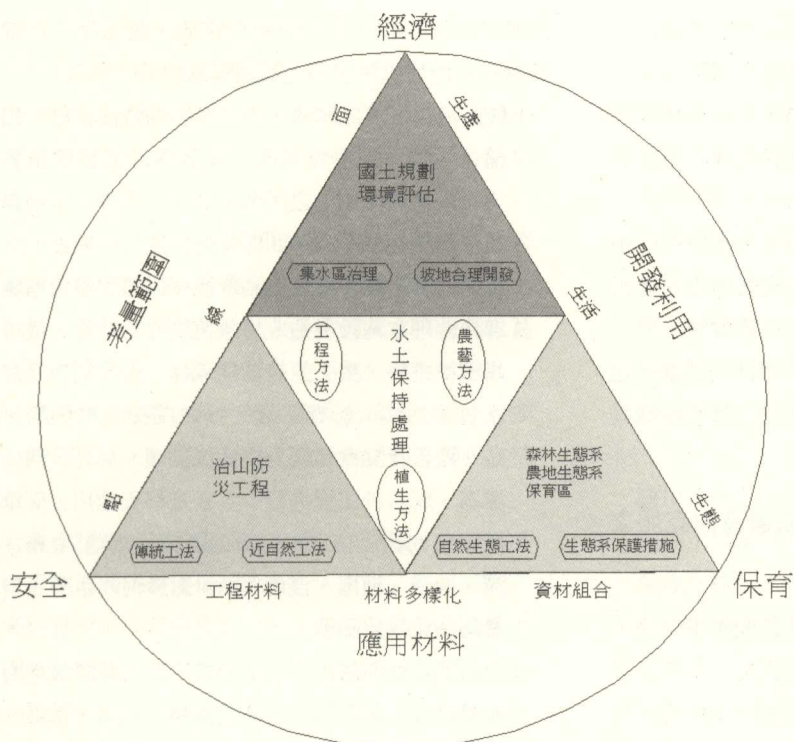
自然工法或生態工法之研究領域，因研究地區生態系結構與功能性之差異，區域開發程度及考量尺度之不同，以及研究規劃人員之學經歷背景、工作屬性之差異，對自然生態工法之解讀不同。目前何種工程屬生態工程或自然工法，何者不應屬生態工程或自然工法，莫衷一是。筆者認為以水土保持或治山防災工程之觀點，廣義之環境復育規劃應就三個標的考量(如下圖)：

1. 安全之考量

當施工地區有特定保全對象(如村落、民宅)、重

苗栗縣獅潭鄉和興溪





廣義之環境復育規劃

要維生體系（如水庫、農業生態系）或特殊災害地點（生態系無法自然復原）時，安全考量將是第一優先，設計規劃時需依安定評估、安全係數設定、應力力學檢算及坡面穩定分析為依據。

2. 保育之考量

當施工地區為生態保護區、特有或保育生物之復育區、或自然復育演替可能性高之地區時，應注意工程構造物之負面效應，設計規劃時盡量減低外物之導入及人為干擾，依據生物或環境棲地自然復原之預測或「極相理論」之推測、評估為依據。

3. 經濟之考量

除安全及保育之考量外，設計規劃時亦應注意工程設施之經濟性。設計時，就國土開發或保育對策之整體評估，及依河川整治率或集水區復育率之設定，進行投資效益之分析。

唯安全、經濟及保育之考量仍有時序上之變化、開發尺度之影響，以及生態棲地干擾、復原間之區域相互作用，宜因地制宜、靈活運用。

茲依考量範圍、開發利用及應用材料分述如下：

1. 自然生態工法之考量範圍

治山防災構造物之設計規劃乃由「點」開始，延伸至「線」，乃至於「面」。亦即由個案之保護對象及範圍開始，考量其工法選擇（點）；進而參照個案上下游（子集水區）之現存治理工法，符合集水區治理之一致性（線）；其最終目的在於配合國土規劃及環境評估之整體規劃（面）。

2. 自然生態工法之應用材料

如單純以「安全」為考量，則土、砂、水泥、鋼筋等工程材料可為主要使用材料。然除工程材料外，若善加利用施工現場或附近現存的塊石、木材等天然資材，並輔以有利生物棲息生長之人造資材（如加勁纖維、蛇籠）等多樣性之材料，則可增加自然景觀美質並有助於不同生態職位（Niche）棲地之增加。但應用材料之生態價值，並不在於其材料本身之特性，而在於因應不同使用目的，如特定生物棲地重建維護等，將資材靈活運用組合以達到生態保育之效果。

3. 開發利用與生活體驗

坡地開發最初之目的，在於平地土地面積不足，因而利用坡地以增加生產，所以就經濟面看來，坡地之合理開發為首要之務。然生活並非全然只有經濟生產考量，因生活水準與品質提升之需求升高，休閒遊

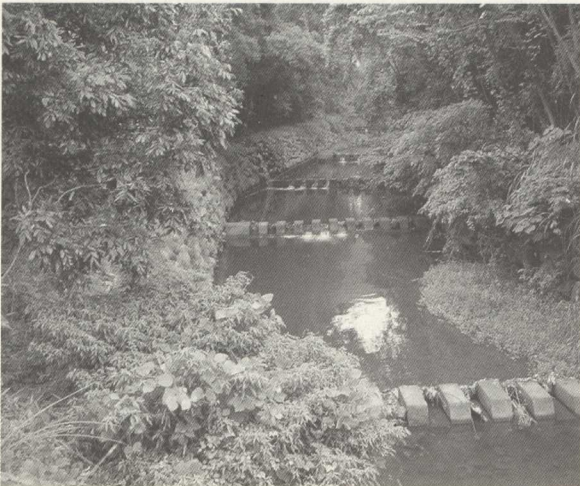
憩等生活體驗亦為坡地現今主要用途之一，尤以河溪周邊區域最為重要。此外因平地人類活動密集，現存特有或保育生物之棲息地多位於坡地，包括森林生態系及生物保育區等生態系內之生態保護措施，應於計畫開發之初詳加規劃。

綜言之，自然生態工法規劃設計時，應以循序漸進的方式，考量其應用範圍及目的，權衡安全、經濟及保育三者之利害關係，鼓勵及促進規劃設計人員，進行制式工程構造物之改善，由較多之嘗試個案，包括成功個案與失敗個案，才能彙整及建立可供相關案例參考之規範。

二、自然工法或生態工法推行之困難及需克服之問題

台灣的自然工法在技術上尚屬於研究起步階段，在規劃設計上，需具備水保、水利、土木、生態、景觀等方面之專業知識，而設計者往往因限於本身之職責及學經歷背景無法整合、歸納，進而吸收應用，以致於在整體上常忽略其中一環。雖已推行數年，惟現今仍無一明確之整治方向，究其因素，除了台灣地形、地質等自然條件增加自然工法之困難度外，人為

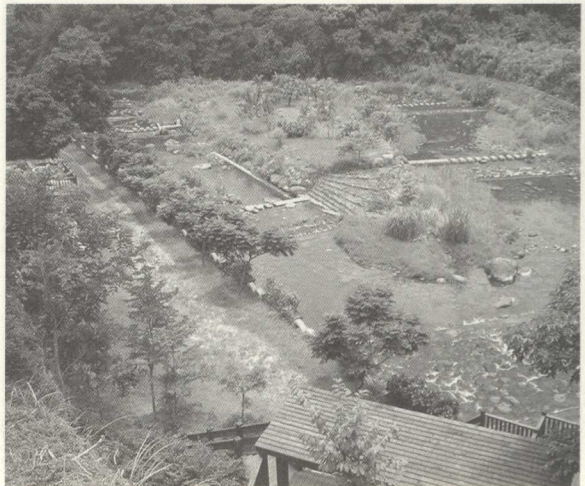
苗栗縣獅潭鄉和興溪



的傳統理念與單一方向之治理措施，常為施行之窒礙因素。茲將目前所遭遇之問題概述如下：

1. 國內河川、河床比降大，地質脆弱致使侵蝕作用旺盛，溪河中泥砂含量高，又因溪河流量豐枯變異大，易造成施工上之困難。若採用不當，常使自然工法措施在二至三年間即受到自然力的摧毀。
2. 目前河溪治理多採用束制水流、渠道化整治措施，導致治理之河段易造成岸邊植物完全清除，使得溪岸植被喪失，失去原有減緩流速、保護河岸及淨化水質等功能，影響水棲生物之間接食物供給、遮蔭、覆蓋及隱藏機制受到徹底破壞。另外，河床中漂石、底石於工程進行中，多被移去他用，破壞了河川生物賴以棲息、生育之多樣化棲地(瀑布、水潭、曲流、河階、淺灘等)，對於河川生態、自然景觀造成嚴重衝擊。
3. 中南部及東部河川中、上游集水區內陡峻坡地有地層滑動等現象，且常有不當開發、利用等情形，使地表侵蝕、風化情形加劇，導致颱風雨季來臨時，易造成嚴重崩塌；龐大的土石流常破壞自然工法措施。
4. 各河溪中、上游集水區與不當之取水措施、植被濫

苗栗縣獅潭鄉新店溪



伐與地表不當的破壞，亦使多數河溪流量逐年減少，目前中南部及東部部分河川，連水棲生物最低需求水量均有不足之情形。此過度利用自然資源的結果，已導致邊坡暨河溪生態環境受到不良的影響。

5. 河溪兩側的工業污染，以及農作行為所使用的農藥、除草劑、肥料等廢污水直接排入河道中，加上垃圾、廢土的傾倒，使絕大多數河溪水質優養化甚至有毒化現象，為安全起見並不適合做親水設施。
6. 目前所導入於邊坡或河溪之綠美化植物材料，大多為景觀花木，易造成生育不良及與景觀不調和之情形。
7. 有親水設施、休憩場所之自然工法河段，常有維護管理不當與不易之情形。
8. 多數有棲地改善措施之河段，因無足夠資料或未考慮其原棲地生物群落或河段之特性，且在工法、材料施用上尚無法掌握整體性之營造手法，且自然環境之營造工程，因涉及景觀美學與生態復育，很難以文字加以規範，以致無法落實規劃理念，致大多

難以發揮其預期成效。

9. 目前施用於河溪之工法，多引用國外之設計與技術理念，但台灣河溪屬性特殊，且各區域差異性大，故有必要研擬適地適用之整治策略，並歸納分類出施行自然工法之範疇。
10. 相關權責主管單位之整治措施與認知不同，且主辦或設計人員工程事務繁忙，無充裕之規劃充份時間，因此慣用制式構造物規劃設計圖說與資料。使得自然工法措施常為工程構造物施作之附屬品，只作為整體工程之點綴。
11. 自然生態工法與傳統工法之風險評估與經濟效益難以界定，加上自然工法之安定性較小（如安定性相同，則所需單價較高），以致設計人員，常採取保守之整治工法。
12. 河溪整治之鄰近土地取得困難，故多採陡坡護岸，或是垂直護岸，使得景觀破壞或使植物或生物棲息困難，難以從事自然工法或生態工法措施。

雲林縣華山村山豬湖溪

