

區域排水生態工法 之應用與展望之探討

經濟部水利署正工程司／穆世嶽

近30多年，水利工程建設大量使用水泥、混凝土，且因人口遽增，產業發展時對水資源需求大幅提昇，且對防災之需求日益增高，因此建設大量水利工程，由於工程人員未能充分了解大自然中生物與食物鏈棲息環境間之關係，以致於河川生態系、河川型態遭受侵蝕與破壞。近自然工法(Near nature working Method)在日本稱「近自然的工事」或「多自然型建設工法」，今為世界各國在工程設計上之重要理念與措施。目前有關近自然工法尚無明確之定義與應用及適用之範圍。近自然工法之觀念乃源自於歐洲，近年來正逐步推展至世界各國。在1938年德國首先提出近自然河溪整

治的概念，期能在完成傳統河流治理任務的基礎上可以達到接近自然、廉價並保持景觀美的一種治理方案。國內對於近自然工法的理論探討或本土性生態衝擊影響評估，皆還處於剛起步的階段。

人類長久以來對環境資源的過度開發利用，導致生態環境以及自然資源受到相當嚴重，甚至無法回復的破壞，近來政府工對公共建設的作法和觀念也開始有所轉變，過去不論是山坡地的水土保持或坑溝、野溪等水利工程的整治，主要多以「安全」為考量並採用人工化的水泥敷面，造成河川及排水生態環境的破壞。如今，政府則引進新的觀念，積極推動「生態



武荖坑溪(宜蘭縣)砌石護岸-半乾砌

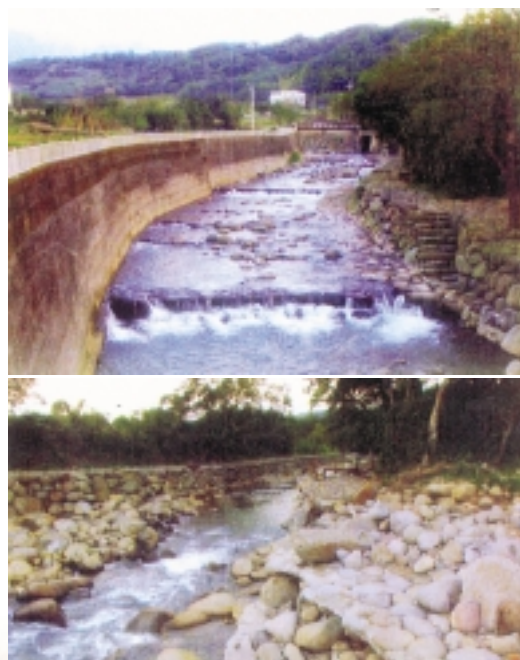
工法」，採取「生態為基礎，安全為導向」的原則，融合生態系統與工程技術，在進行開發建設時能夠兼顧環境的安全與永續的經營，同時也注意到景觀親水等功能，以達到調和環境，減少視覺衝擊並營造溪溝親水休憩等功能。為推廣生態工法，政府在民國91年成立生態工法諮詢小組，除多方宣導生態工法的理念，積極提昇生態工法人才素質，加強相關技術研究發展外，亦鼓勵社區非政府組織及在地民眾的參與。在各界的努力下目前各縣市政府已積極推動生態工法，並具初步成效。

區域排水治理規劃早期由防洪「治水」理念，直至近年來民眾對景觀環境及生態保育日趨重視，區域排水「利水」及「環境」觀念因應而生，以

往水泥護岸造成景觀醜陋之情況，因國家正大力提倡水與綠的建設而期許以生態工法取代之。現階段之區域排水治理將「生態工法」列為設計考慮，亦是未來趨勢。然而區域排水採用生態工法因受制於河道寬度、河床粗糙係數改變、用地範圍及成本等因素影響，必須要先滿足防洪與安全需求，然後才能進行景觀生態的分析與設計。

近自然工法發展沿革

有別於傳統工程，所謂生態工程(ecological engineering) 是指能同時達到人類需求及自然環境雙贏的工法(Mitsch, 1988)，其定義之一：「對自然環境之變更採用最小部分之人工能量，變更的本身主要依賴自然環境本



台北縣大屯溪乾砌護岸

→ 身的能量來源」(Odum, 1962 ; Odum et al., 1963)。這種以自然生態為主要考量的工程觀點在當初被提出更深入的定義：「生態系統工程設計的主要考量及標準在於以外界最低能量的輸入維護棲地系統的自我更新」(Odum, 1983)。

生態工法的實際應用最早源自德奧，後為日本所應用，稱之為「近自然工法」(Near nature working method)或「自然工法」，在美國則稱之為「生態工程」(Bioengineering)。廣義的近自然工法則涵蓋數大項課題，包括河川護岸近自然工法、河道近自然工法、河川棲地改善與復育、溼地保護、生態基流量、魚道、水生物學等項目。

近自然工法定義：係在儘可能不破壞當地生態及環境景觀下，儘量應用當地自然之素材如石塊木材或植物材料施設適當的工事，以達安全保護與近自然自然環境之和諧。

生態工法定義：生態工法是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。

上述近自然工法與生態工法，雖不盡完全相同，但兩者皆係師法自然，回歸自然，盡可能容自然之原動力發展，欣使構造物融活合於環境之中。然人非上帝，完成自然的工法實難以達成，因此只能盡量以自然與生態工法去實施，以期維持環境之和諧與生態之永續發展。

生態工法的施行，首重河防結構安全的考量，另一方面需考量自然生態系的維護，使得人類的生活空間得到適當的維護並能兼顧生物基盤上的然生長及演替。

但因台灣地狹人稠，土地利用程度遠超過歐美國家，而比較接近日本，所以在規劃設計排水及河川生態工法時，宜因地制宜，靈活運用，建議靠近市區的水路設計應以安全為首要考量，生態及親水景觀次之；但於郊區則可以優先考慮較具生態價值的工法。

「區域排水」生態工法之範疇

區域排水之定義在水利法施行細



徵求各地經銷商

溫室專用優力扇220V/0.5hp/20"
風扇可配合溫控器分組溫控變速

茂達國際有限公司
桃園縣中壢市中山路136號11樓
電話：03-2806-770 傳真：03-2806-771
e-mail：amada-lin@umail.hinet.net

則略以：指農田排水、市區排水、事業排水三款之二種以上匯流者或排洩區排性地面或地下之水。

「區域排水」生態工法推行問題分析

分析推行「區域排水」生態工法，可能遭遇的問題及阻力。

●對防洪影響

生態工法的推行，容易造成糙度提高、洪水位抬升，必須重新計算計畫水位。

●用地可行性

都會區域排水水渠道用地狹小有限，通水面積不足，如何因應適均必須事先予以考量，選擇適合的工法。

●工程成本

某些生態工法會造成工程經費的提高，但是可在考量地下水補助、生態維護及景觀等因素下，檢討其成本效益。

●維護管理

生態工法的工程設施，於完工之後必須進行必要的維護管理與巡查。

●保育團體與社區居民意見

推行生態工法應與當地的保育組織或團體進行溝通，針對施工前、中、後可能產生之影響，進行意見交換。

●工程司接受度

生態工法設計難度提高，施工圖繪製不易，施工，預算書編列較難。工程司除了承擔上述工作負荷外，還必須要考量到（洪災）風險問題，可用傳統混凝土或砌石工法加上近自然

工法，以達到雙重保險的目的。另外，有一些傳統工法可以利用巧思加以改進，以減低對生態的衝擊，以增加工程司的接受度。在生態工法的推行上，宜增加對工程單位的獎勵、舉辦觀摩會、建立示範區，以提升成就感。

●生態、景觀與親水

對於景觀、親水、生態三個議題，應依區域特性採比例原則，循序漸進，在日後區域排水水質改善後，再對於親水議題再加重比例。

區域排水傳統工法與生態工法之比較

（一）區域排水傳統工法

區域排水傳統工法包括鋼筋混凝土工法及漿砌石工（三明治）工法，此兩種工法皆使用大量的混凝土，漿砌石工法對於景觀上之衝擊較下，為比較兼具安全的工法。但因護岸表面以必須人工排列卵石，施工較為繁複，而鋼筋混凝土護岸只需排筋組模與灌漿即可，施工較為迅速。

當所有的生態工法經過水理分析安全性分析後皆無法達到安全上設計時，則應該回歸傳統工法的設計。漿砌石工法可以兼具安全景觀在過去區域排水亦有許多應用實例，應可考慮使用，再加上使用新洗型的多孔隙混凝土或可減輕對水中生物的影響。有關傳統工法的缺點與改進可行性分析如表1-1。

（二）區域排水護岸生態工法

以下簡單細述數種可能應用在區 →

→ 表1-1. 傳統工法的缺點與改進可行性

工 法	缺 點	改 進 可 行 性	附 帶 說 明
鋼筋混凝土	1.表面光滑，無法提供魚類避難所。 2.混凝土中的碳酸鈣對生物有不良影響。 3.底部封底造成魚貝類、水生昆蟲無法存活。 4.減少地下水補注的機會。	1.表面附加型鑄的生態塊。 2.採用造型模版製造粗糙面。 3.牆壁打洞，但不可穿透，內填植生包。 4.附加魚腹箱或魚槽結構。 5.種植攀牆性植物，路畫壁面。	以工程司觀點而言，這是最安全便宜的工法，設計最簡單。
漿砌石(三明治)工法	1.施工較為繁複,成本稍高。 2.粗糙係數比RC護岸稍高。	1.採用當地卵塊石，減低環境衝擊。 2.採用多孔隙混凝土。	相較於RC護岸，較具生態性且工程師接受度高。

域排水生態工法包含砌石（大塊石）工法、相籠工法、加勁工法、木排樁工法等。

(三) 各型工法在用地的比較

若以護岸高度4m的懸臂式鋼筋混凝土護岸為例，一般主牆厚度約為0.3m，基腳左右邊各約0.3m，合計基腳部分需要開挖部分的腹地，再加上背填卵石、級配料的空間，大約需要1m寬的用地，在各種工法中是用地最省的。

(1) 砌石護岸

以4m高的砌石護岸，經過安全性分析，其砌石粒徑約40~60cm，混凝土部分之頂寬約為0.5m，底寬約為2m，因此需要開挖將近2m寬的腹地，在幾種生態工法中算是比較不浪費空間的。

(2) 箱籠護岸

箱籠護岸的高度H與底寬B的比值至少為2，若以4m箱籠護岸計算護岸底

寬至少要2m，因此需要近2m的腹地，在生態工法中應該還好。

(3) 加勁護岸

加勁護岸所需的用地端視加勁材種類而定，如果採取堤後開挖並背填土的方式，則需要較大腹地來施工，背填土區可作綠帶、景觀花臺或道路之用。一般而言此種工法可以使護岸幾近垂直，通洪斷面大但用地較多。

(4) 木排樁護岸

木排樁護岸需要較大的腹地空間，以4m高的護岸為例，其堤後至少需要4至6m作為回填顆粒材料的空間，在生態工法中其為用地較大的工法，只適合在郊區。

各型工法在生態性、安全性、用地等方面的比較詳如1-2。

生態工法未來展望

生態工法的確能為許多工程迷思提供一條解決途徑，但是否能務實之

應用將是其未來發展的關鍵，筆者認為未來的生態工法應繼續朝研究及實務應用面努力所以除了要在法規面（如現行行政、會計法規等限制）、技術面（如專業整合資料蒐集、管理維護）及教育宣導（如工程人員及一般民眾的接受度）方面的加強外，對一個水利從業人員而言，仍應積極思考以下幾個問題：

1. 如何將水理學的概念及理論引進生態工法的工程設計中，做到除了定性描述外，尚可建達到定量的工程要求；在這個基礎上，建立設計規範、設計準則及國際評估機制，唯有如此，才能為一般水利工程司所廣為

接受。

2. 魚類目前仍為一般生態工法設計上唯一的生物指標，以台灣這樣特殊的河川及排水生態應有其它不同的生物指標（如水生昆蟲等）可供參考及保護，所以應結合各個不同專業領域的專家，訂定不同的生物指標，如此才能因地制宜，訂定出適合不同物種的生態工法。

3. 生態工法應如何與傳統工法相結合並找到其平衡點？是否就能就傳統工法如（丁堤工、蛇籠工、固床工等）之缺失予以適美當修正改善，以符合特定之生態考量？

農大黑綠旺 有機質肥料

➔ 粉狀29、25號

（全氮1.3%、全磷酐1.1%、全氧化鉀1.2%以上，有機質50%以上）黑綠旺採用植物性：如毛豆、酒粕、蔗渣等資材，經微生物發酵充分腐熟後，再添加胺基酸、鎂、鈣等微量元素調配而成之完全熟肥。

➔ 菜籽粕、蓖麻粕、花生粕或混合粕等銷售。

➔ 粒狀特9號、特1號

（氮磷鉀5:2:2，有機質70%以上）係採米糠、粕類、魚粉、腐植生物菌、鎂、鈣等調製而成。

➔ 複肥肥王（13-7-6-2；30%）。

➔ 複肥特8號（8-8-8-3；40%）。

誠徵各縣市經銷商



泓惠實業股份有限公司

高雄縣路竹鄉甲南村大仁路520巷7-1號

電話：(07)6972259-61傳真：(07)6972263

表1-2. 各型工法在生態性、安全性、用地等方面的比較

工 法	生態性影響	景 觀	安 全 性	成本	粗糙係數	材料來源	用地
傳統工法I (鋼筋混凝土)	光滑表面， 水生物無處 躲藏，生態 性不佳	醜陋	高	低	0.014	不虞匱乏	小
傳統工法II (三明治護岸)	表面稍粗糙 ，就生態性 而言，比鋼 筋混凝土好 一點	景觀不佳 ，但比鋼筋 混凝土好一 些	高	低	0.025 〈三面工〉	不虞匱乏	小
近自然工法I (砌石護岸)	多孔隙材質 ，提供水生 物生活空間	石縫會有植 物進入，景 觀性不錯	中〈需進行 安全性 試算〉	中	0.021-0.029	需考慮石 材來源的	中
近自然工法II (箱籠護岸)	多孔隙材質 ，提供水生 物生活空間	箱籠會有植 物進入，景 觀性不錯	中〈柔性工 法〉	中	0.025-0.030	卵石容易 取得	中
近自然工法III (加勁護岸— 木條面板)	木質面板材 質較具生態 性，但混凝 土塊的生態 性較差	木質面板會 有植物進入 ，景觀性不 錯	中〈需進行 安全性 試算分 析，維 護管理 要注意〉	高	0.025-0.030	不虞匱乏	大
近自然工法IV (加勁護岸— 混凝土生態 塊面)	木質材料具 有不錯的生 態性	景觀尚可， 經過些許時 日，看不出 施工痕跡	中	高	0.025-0.045	不虞匱乏	大
近自然工法V (木排樁護岸)	木質材料具 有不錯的生 態性	景觀佳，經 過些許時日 ，看不出施 工痕跡	低	高	0.025-0.030	木樁需賴 進口，但 可利用廢 棄的枕木 樁	大

結 語

近自然與生態工法是人類過度開發、破壞自然生態環境後，為免浩劫不復而尋求與自然和諧相處以期永續發展的環境倫理新思潮。她只是一種“觀念”的改變與“心態”的調整，並非真的那麼不切實際與遙不可及。

政府現正全力建設“綠色的矜

島”，改善城鄉風貌與河川及排水環境。除水污染之改善外，治河防洪方面若能依上述方向對自然環境與生態多一分關心努力配合，則當河水清澈時，兩岸堤防已綠美化，多樣性的河川逐漸形成，生態自然亦可逐漸恢復趨向穩定，則完整的河川及排水廊道與生態系亦將逐漸復現，人與自然亦可漸趨和諧，朝向永續性發展。 

生態工法實例詳如下表

以國內外實施生態工法情形及應用實例介紹如下：

	地 點
日本	山田川多自然型溪流工
日本	宮島紅葉谷川庭園防砂工程
日本	神戶燒原防砂壩及防砂工程
日本	吉野川自然流域防砂生態工程
日本	自然共生研究中心
日本	農具川
日本	鴨川
日本	荒川復育案
日本	根川親水復原計劃
日本	北海道茂魚川復育計劃
日本	群馬縣嘉瀬川整治案
日本	茨城縣霞浦人工浮島栽植計劃
日本	富良野市近自然河川排水路
日本	神戶市排水路改修
日本	玉川排水路改修
日本	北九州市小倉南區貫川
日本	橫濱市排水路改修
日本	神奈川縣大和市草柳河段引地川
台灣	台北縣大屯溪生態工法
台灣	大甲溪棲地改善計畫
台灣	橫流溪東勢石角石興橋親水區
台灣	東勢中崙雙橋魁親水區
台灣	七家灣溪棲地改善計畫
台灣	烏石坑溪棲地改善計畫
台灣	烏石坑溪棲地改善計畫
台灣	虎山溪景觀野溪整治工程
台灣	木柵重劃區旁野溪整治工程
台灣	內湖大溝溪整治工程
台灣	仁澤一號防砂壩魚道工程
台灣	台北市士林區平菁街野溪治理工程
台灣	明德生態村社區規劃
台灣	台北縣坪林鄉金瓜寮溪
台灣	新竹縣九芎湖護岸改造工程

	地 點
台灣	新竹市護坡河及周邊親水環境設施改善工程
台灣	宜蘭冬山河護岸工程
美國	佛羅里達州Kissimmee river復育計畫
美國	科羅拉多河下游復育計劃
美國	伊利諾Des Plaines River溼地土範計劃
美國	佛羅里達Agrico Swamp開墾計畫
美國	德州聖安東尼奧的河邊步道區 (River Walk)
德國	Missbaha County多自然河川改建計劃
德國	法蘭克福Nida river整治復育計畫

日本原裝 OREC 牌

乘坐式割草機

RMK160 型

◎割草寬度可伸縮，不會危害樹木，並可將其周圍割除乾淨。

◎無段變速，自排，高出力23HP、2氣筒，低震動OHV引擎。

◎重心低，不會翻車且高效率的割草機。

◎此機種最適合用於果樹園、學校、別墅、球場等地。



竹下農機股份有限公司

台北市武昌街二段118-1號2F TEL: 02-2331-3320

台中分公司：

台中市東山路一段55-10號 TEL: 04-2436-0780

陳經理 手機: 0932-010-255