

淺談河川近自然工法

文：李雙雙 / 水土保持局監測管理所
賴承讚 / 台北科技大學土木工程暨環境
規劃管理研究所

地球圈裡分為生物及非生物兩大部分，有各自的循環路徑，也相輔相成並存，而人類站在食物鏈的最頂端，生活能量來源所依賴的是來自於金字塔食物鏈下端生物的供養，因此若能維持食物鏈底部的生物生生不息，則人類的生存不會受到威脅。由於人類文明幾大部分從水陸域邊際開始形成發展，因此如何善用水利、駕馭水力，以謀求社會經濟更大發展，即成為刺激人類工程科學發展的一大動力，但是水利工程對於生態系裡其它物種生存環境的破壞而扼殺其生存機會(如圖1)，其效應已顯現並反應在食物鏈頂端的人類生活中，因此經過千年以人爲主的觀點所做的河川整治工程，現在已經開始為生態界及工程界所反省。

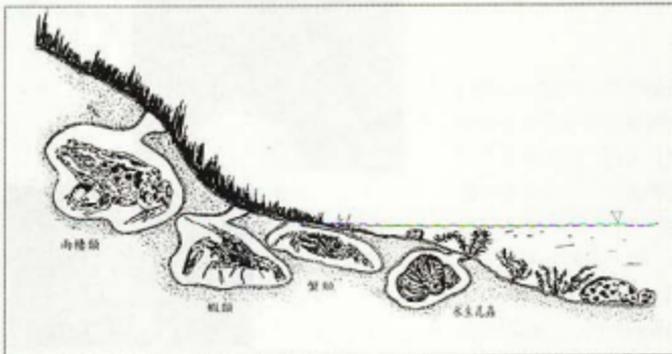


圖1 河邊生物棲息環境利用圖

何謂近自然工法

最早開始思考並改善這個問題的是歐洲的德國與瑞士，其稱此種並顧生態與水利的新工法為 *Naturnaher Wasserbau*，日本於二十年前開始關注到這個議題，並將德國與瑞士

所使用的名詞翻譯為「近自然的工事」或「多自然型建設工法」；另外英美語系國家所稱之生態工法(Ecological Working Method)或生物工程(Bioengineering)、生態工程(Ecological Engineering)，甚至所謂的「生物學河川工法」、「綠植被工法」、「多自然型工法」、「近自然工法」，其實質意義大致相似。

吳正雄(2000)曾將國外各學者對自然治理定義彙整介紹如下：

(一) Seifert (1938) 首先提出近自然河溪治理的概念，指在完成傳統河溪治理任務的基礎上，可以達成近自然、價廉並保持景觀美的一種治理方法。使人類從物質文明到文化文明、從工程技術到工程藝術、從實用價值到美學價值。

(二) Schlueter (1971) 認為近自然治理 (Near natural control) 的目標是，首先要滿足人類對河溪利用的要求，同時要維護或創造河溪的生態多樣性。

(三) Bidner (1983) 提出河道整治首要考慮河道的水力學特性和地貌學特點，河溪的自然狀況作為衡量河道整治與人為活動干預程度的標準。

(四) Hohmann (1992) 認為近自然河溪治理是減輕人為活動對河溪的壓力，維持河溪生態多樣性、物種多樣性及其河溪生態系統



平衡，並逐漸恢復自然狀況的可行性工程措施。

(五) 日本River整備中心(1996)多自然型河川整治就是營造近乎自然的多樣性生物息空間的河川治理工程，係在治水、防砂的安全原則下，復育、創造出豐富自然的水邊環境及河床微地形。

1992年Hohmann從維護河溪生態系平衡的觀點，認為生態法法是減輕人為活動對溪流的壓力、維持溪流生態多樣性、物種多樣性及其河溪生態系統平衡，並逐漸恢復自然狀況的可行性工程措施。因此生態治理之精神可歸納如下：

1. 尊重自然環境原有之多樣性。
2. 依照現存之自然條件，建設一個良好水循環及安全的溪流環境。
3. 不只消極的保護，更應積極的使自然環境再生創造出水與綠之生態網。

國內部分

目前國內從野溪到主要河川整治均開始強調近自然，並建立河濱公園，以增加民眾使用綠地的休息空間，另外一些親水與保留自然景觀的規劃設施即開放民眾與自然界接觸及戶外教學的機會。宜蘭縣的冬山河整治，雖然在生態保育上並非良好的案例，但是在休閒遊憩和景觀上卻是一個很成功的案例，近年來更因宜蘭縣政府的大力規劃推動下，將冬山河的河濱及河川場地推向辦理國際活動的會場，進而帶動宜蘭地區的觀光事業；流經嘉義市的八掌溪，在水利處第五河川局的整治及綠化後，在高灘地上亦營建出一片供人休閒運動的河濱綠地；台中縣政府於八十六年起即預定將費八億五千萬元，興

建多處公園綠地，其中包括太平—江橋高灘綠美化工程、大里溪高灘地綠美化工程及太平光興隆橋下高灘地綠美化工程均陸續完工，這些綠地一到假日，即出現大量人潮。

近自然工法實際應用在河川野溪整治的案例，目前以台北市最多，以虎山溪、大溝溪、內溝溪、內湖安泰溪及士林平菁街等整治工程為例，除了重要坑溝，坡地水土保持治山防災的安全因素外，另外更著重於生態復育、環境調和綠化的應用，以營造成社區後花園的民眾休憩生活空間，並提供學童於自然觀察的學習機會。此外野溪山溝的綠化整治，上述工程均採用近自然工法，護岸材料使用自然石塊做壘砌，使工程成果與周遭自然環境景觀結合，除了達到治山防洪效果，使治水之硬體工程融入當地景觀而不會造成視覺衝擊(圖2、3)。



圖2
內溝溪護岸砌石工程



圖3
虎山溪整治景觀圖

流經台北縣三芝鄉的大屯溪，以漿砌原石工法做成的河川護岸，巧妙地融入了當地的自然田野景觀，河床上部分採用拋石工法營造多變的河況，形成大小流況不同的潭區、灘區及急流，留給水中生物豐富的棲地及生活空間，經筆者曾與當地正在抓捕魚蝦

的阿公級居民聊天，其表示均感受到猶如回到兒時於溪流中抓蝦捕魚戲水的情境，而大屯溪不封固河床的整治方式，則保留了水循環的路徑(圖4、5)。



圖4
大屯溪開原石護岸

圖5
近自然的河床



水理分析

談到近自然工法，對於民眾而言，結構強度是否可達到保護其生命財產安全的要求；對於工程人員而言，設計時的依據為何，則設計工程時要怎樣做到安全與自然並存不悖；而對於生物而言，在橫越水際與陸際的人工結構物要能不阻斷其生存的移動路徑，三方面的需求要能兼顧，而在生態系裡，應該是以人為重，亦或尊重自然的循環，只要建設適度的防護工程來保護人類的財產與生命即可，均成為設計人員做規劃時傷神的一大考題。

面對這樣的問題，林鎮洋(2000)即提出，自然河道與人工 RC 結構河道之水理狀況及對生物棲息地改變有很大不同，因此在生態工法推動上，必需了解自然河道與河川生物棲息地之機制，俾能對於已成為 RC 結構之河道探討如何回復到自然河道生態環境

之機制，使自然工法之應用達到環境復育要求，例如如何找出自然河道之流況、流速、水深、水力停留時間等水理現象與生物關係參數，進而對人工河道做修正回復成近自然河況之水理現象，或在做河川整治時以近自然水理現象參數做為設計參考及施工規範，故此在推動近自然工法之前，應是能先針對河川水理現象完成初步分析，進而找出與不同水生生物間之相關水理參數，如此才能達到推動近自然工法及棲地復育與再營造之成功機會。

國內現有水理分析及棲地改善研究案例有汪靜明(2000)對於濁水溪上游栗栖溪做河川生態基流量分析，並針對現今栗栖之水文特性，進行該溪流之生物調查，分析生物與河川生態基流量關係，以對河川生態基流量做調配分析，俾希望能在水資源利用與河川生態保育之間取得平衡點。此外大豐工程顧問公司(2000)，針對七家溝溪的櫻花鉤吻鮭棲息地河段，同時進行水文調查分析、動植物物種之生態調查，並做水理分析以做為護岸規劃設計依據。陳樹群等人(2001)在臺灣地區河川型態調查研究中發現，應用濕周一流量法時水理演算之上限選取，將對所推估出之生態基流量產生很大的變化，因此該研究以烏溪下游河段為例，使用 HEC-RAS 軟體，經由水理計算後建立濕周一流量關係曲線，再以曲線中轉折點所對應之流量作為生態基流量，以反應濕周隨流量變化最敏感之處，其目的是排除不必要的斷面形狀影響，以期能充分反應低水流路時之生態流量特質。

吳富春(2000)針對鮭魚產卵之卵床之上之礫徑分布來做為預測卵床上胎卵存活率，研

究此一存活率模式的三個水力分析關係式：細沙沉積速率與表層流速、表層流速與基質滲透率、基質滲透率與胎卵存活率，由於水流會帶來砂石的堆積，影響鮭魚卵孵化存活率，因此藉由上述三個關係式找出一個衝擊流速來除去卵床表層的細沙覆土，以印證鮭卵孵化存活率與流速之關係。吳富春等人(1992)研究各種植物粗糙係數相對於水流深度之變數，其使用力學平衡式推演，轉換出植物所提供的阻力係數，及其對應之雷諾數，定義出植被數(Vegetative Characteristic, 定義為K)，以此K值推估洪水平原上多少植栽時，洪水沉水與非沉水時的粗糙度及水深變化。

德國農工學會(中村俊六, 1996)亦提出水利計算公式計算河道之流速與流量，求算係數包括抗阻係數、阻流石抗阻係數、河道總抗阻係數、最大流速及流況，最後求算出水利近自然工法中拋石設計參數做為水利工程設計參考。Kondolf 及 Wolman(1993)研究卵床上細沙與礫石經過鮭的挖掘後，由於激流的冲刷引起砂石的向下游移動現象，並研究量化卵床附近之礫徑分布的合成修正公式，提供魚類生態學家可依據此公式推估出潛在的產卵地點。此外還有Alonso(1992)依據水流參數與沉沙特性，提出礫石質底床上的懸載濃度的解析公式，依此公式在加速水流範圍，如淺灘與急流、深潭等地方諸多可能產卵之區域，預測靠近礫石底床處的懸浮載濃度。

材料分析

河川工程的建構要能與自然的景觀及環境相融合，材料種類的使用佔絕大因素，愈

是接近自然的材料愈是能與環境景觀匹配，以日本為例，其進行河川生態工程時所選擇的材料順序依序是：植物材料、木材、石材(或河石切割而得)、混凝土材料，最後才是鋼鐵材料。前三者自然度較高，後二者則強度較大，而工程通常在考量材料的自然性、強度、耐久性及安全性；材料取得的難易度及施工地區河段水文與地質特性等諸多因子下，多會採用二者以上之混合材料施工。

河川工程施工時，採用各種工法及材料，例如石塊與鐵絲做成的蛇籠、漿砌原石護岸或框架植岩互層等等方法，可保有自然並增加強度的各種材料組合方式，以形成多樣性且近自然的河岸環境，進而成為良好的棲地，如圖 6 所示河川整治工程之導流工法的設置(日本河川整備中心1996)，採用所有的材料，建構各式導流設置導引流心及改變流速，而形成豐富多變化的河川棲地，由於在河邊將水生植物、木材岩石砂礫互相配置，可形成魚蝦蟹、兩棲類等生物的生息避難場所，以達到生物生存之要求。

自然河川水中的藻類，水域及濱溪的植物等，其發根生長均可固結土壤砂礫，以防止砂礫的移動。在緩流的河岸上可用各式禾本科(如甜根子草、蘆葦)、莎草科(如毛軸莎草)、蓼科(如盤腺蓼)等等草生植物；而在較為湍急的岸區，則可考慮採用楊柳科或禾本科竹族植物；亦可將二者交互使用，藉由草本與木本植物之根的生長深度不同，發揮固結不同層級的土壤砂礫功用，從而形成一穩定的植物護岸。而以河岸原生的植物做為護岸或是做為水制訂的材料，這是自古以來最常用的工法。

由植物材料所形成的護岸，除可供為生



圖 6 河川整治工程—導流工法。

物生長繁殖的場所，亦能在四季造就不同的景觀風貌，並且形成一自然而完成的濱溪生態系，不過使用植物材料需考慮到的問題有幾點：1. 生長繁茂的濱溪植物是否會造成河道縮小，斷面減少。

- 植物的粗糙度是否對水流速度造成影響。
- 植物流失對於下游造成的衝擊及破壞。

一般植物材料較單獨使用，多會與其他材料互相配置，尤其在河川護岸，可使用石材、混凝土等材料，先進行坡腳穩定，再於坡上植樹，俾能在植物根系發揮固結砂礫土壤功能前，先保護坡面。此外由於水生植物多有淨化水質之功能，例如蘆葦、茭白筍等等，因此在水質不佳之處，亦可種植部分水生植物達到淨化水質之效。此外亦可選擇誘鳥植物、蜜源植物及食草植物做為美綠化植物，提供食物，營造一個自然繽紛河濱公園。

結語

生態工法或自然工法已成為世界各國在工程設計上之重要理念與措施，而國內重視河川綠美化工程及貼近自然的親水設施利用方式，以符合生態保育觀念及人本精神的工程設施規劃，是近年來各界所推廣。不過由於國內在此方面起步較晚，環境調查資料不齊全，且在自然工法的設計理念、手法及營建管理上尚未成熟，因此目前的所完成的河川整治工程裡，均多以提供運動休憩設施的河濱公園為主，這些設施尚未能真正達到自然生態保育目標。

為了達到自然環境永續利用，任何環境整治工程應避免破壞當地的環境生態與自然景觀，而使用的材料應選擇接近自然狀態的石材或木材，並配合營造適於植生生長的环境，以形成自然的，與週邊環境協調的工程構造。台灣雖僅有面積三萬六千平方公里的，但因地理位置及地景特色，造就豐富的水流環境及多樣的物種，不過長久在以經濟開發為重，要求水資源大力配合的政策下，水質及水文環境改變、生物棲地被污染破壞，早已造成物種的生存危機，人類是處於生態系統金字塔的最上層，一旦這個金字塔其中多個環節均因為人類自私的破壞而消失，那麼金字塔的崩壞是可預見的。因此環境整治工程規劃除了在安全考量外，希望也要考慮到其他用水生物的生存權利與存在價值，在做水利整治或環境開發工程規劃時，能心存生態觀，溶入生態保育之考量，做出儘可能接近生態規劃案，當我們能營造出一個多樣性的河溪棲地環境後，那麼再度孕育出生物多樣性世界將指日可待。

參考文獻（逕治作者）