

生態工法應用於國家公園之研究

鄭奕孟^{1,3}、林永發²

(收稿日期：2003年6月11日；接受日期：2003年11月11日)

摘要

近年來隨著環境保護及生態保育的意識抬頭，國內工程界逐漸重視生態工法之觀念，但由於國內生態工法之發展尚屬起步階段，因此大部分均用於河川工程之整治與道路之護坡工程。然國家公園在其具有生態保育的功能下，尤其需要以生態工法之觀念來建設各項硬體設施，以達到自然生態保育的理念。因此，如何使國家公園工程設施符合生態工法設計之原則，減少對自然環境的衝擊與破壞，是目前國家公園管理單位與相關研究學者極為重視的課題。

本研究內容主要探討台灣生態工法應用現況與國家公園生態工法之執行現況與應用成果，並藉由文獻探討與個案分析，歸納適用於國家公園工程設施之具體作法，繼而提出生態工法於規劃設計、施工與材料使用之原則，並分析目前生態工法於執行上所面臨之瓶頸與問題，最後提出本研究之結論與建議。

本研究分析之結果，期能提供國家公園及相關單位於未來執行生態工法時參考。

關鍵詞：國家公園，生態工法

一、前言

工程建設的過程往往伴隨著對環境的衝擊，而工程施工過程所產生之噪音、振動、空氣污染與水環境的污染等，不但會危害人體健康及公共安全，更破壞了自然生態環境。過去人們透過各項工程設施來達到追求物質及精神方面進步與繁榮的目標，卻也同時消耗賴以生存的自然環境生態與資源，隨著環境保護意識的日漸成熟，人們開始進一步認真思考環境破壞對生態所造成的影響，進而關懷生態的保育。

目前國內推動生態工法以河川、溪流之整治居多，但生態工法之觀念可應用於更多與環境生態相關之領域，例如海岸整治、山林開發保育、國家公園之興闢與災後重建等。國家公園具

1. 中華大學營建工程系講師。
2. 雪霸國家公園管理處處長。
3. 通訊作者。

有生態保育、環境保護及促進學術研究等功能，除此之外在台灣國家公園更是人民休閒遊憩的最佳場所，為達到此目的，工程設施之興建是無可避免的。然而這些必要工程設施之興建，除了秉持著不破壞生態環境的原則，更應儘可能建構近於自然的遊憩環境，以求與自然生態的共存共榮。因此國家公園的設施興建，應融入「生態工法」的設計理念，使國家公園之經營管理能永續發展。故本研究提出生態工法應用於國家公園工程設施興建上之概念，分析歸納目前國家公園生態工法之成功案例與經驗，藉以提供國家公園管理處於生態工法應用上之參考。

二、研究與方法

本研究以國家公園應用生態工法之工程案例為研究對象，並分析比較之。研究方法主要採文獻回顧法，蒐集生態工法與國家公園相關文獻資料，經由相關研究文獻之回溯，掌握台灣於生態工法領域上應用之現況；其次藉由國家公園生態工法案例之探討，分析國家公園應用生態工法之現況，並比較個案之特性、作法及優缺點，探討適用於各國家公園生態工法之類型，並歸納生態工法規劃設計、施工與材料使用之原則；最後透過專家訪談訪問國家公園管理單位，探討生態工法於現階段執行上之問題，並加以彙整與分析。

三、結果與討論

(一) 生態工法之定義

近幾年來，台灣極力推廣生態工法，但對於生態工法之定義、方式尚無清晰、肯定的觀念，以下分別說明生態工法之定義以及生態工法與國家公園之關係。

1. 生態工法之定義

生態工法是以生態工程為理念，運用自然界本身之調節力，嘗試維持人與環境的一個平衡狀態，並非一味的拋棄鋼筋、混凝土等硬性材料，必須考慮結構體的安全性，另一方面需兼顧當地自然生態系的維持。目前台灣生態工法定義係依據公共工程委員會於2002年10月做出之決議：「所謂生態工法係指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，而採取以安全為基礎、生態為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害」。

2. 生態工法與國家公園之關係

由以上概念得知，國家公園為保護國家特殊之自然景觀與豐富之野生動植物等自然資源，並具有環境教育與休閒遊憩等功能，其工程設施之興建是不可避免的，因此，國家公園更加需要運用生態工法理念於工程設施之興建，藉以兼顧自然生態保育與國民休閒育樂之功能。

(二) 台灣生態工法應用之現況

國內近年來漸漸注重環境生活品質，各界也逐漸重視溪流、河川之綠與美之景觀，以及符合生態觀念之親水利用方式，國內對生態工法之理論或本土性生態衝擊性探討，尚處於起步階段。縱使各界對生態工法的理念、作法都非常接近，但卻沒有一套完整的規範依據與技術法則可依循。國內自 1998 年以來，已舉辦過各種與生態工法有關的研討會、講習班，期望透過專業研究、研討會交流、研習會訓練等方式，達到宣導推廣之目的。

目前台灣地區生態工法應用層面以大範圍應用來說可分為：國家公園、風景區、河川溪流、公路、城鄉風貌、災後重建等，主要多應用於河川溪流整治工程、濕地工程、水土保持工程、道路工程與景觀工程等。由上述國內生態工法應用之經驗說明，生態工法應依其不同之規劃目的，考量適用之作法，才能發揮生態工法最大之效益。

(三) 台灣各國家公園特性之分析

國家公園顧名思義為具有國家代表性之自然公園，為人類近百年來對自然資源之稀少性與不可恢復性深切體驗而發起應予保育之地區。國家公園在於提供保護性的環境，保護國家特有自然風景、野生物及人文史蹟；保存物種遺傳物質，供作生物基因庫；提供國民遊憩及繁榮地方經濟，並促進學術研究及環境教育，對於國民生活品質之提高，具有積極之作用。

台灣自 1984 年成立第一座國家公園—墾丁國家公園，爾後陸續成立了玉山、陽明山、太魯閣、雪霸和金門等國家公園。台灣目前擁有 6 座國家公園，各具有其特色，如墾丁為海洋型國家公園；陽明山為都會型國家公園；玉山、太魯閣與雪霸為高山型國家公園；而金門為戰地史蹟型國家公園。

國內各國家公園之類型皆不相同，因此各國家公園於生態工法之作法亦有所不同，如海洋型國家公園應多考量海洋生態之保育與沿海景觀設施之設置等；都會型國家公園對於景觀與遊憩設施之需求量較高，其生態工法上之考量應多注重設施之設置與生態環境之關係；高山型國家公園對步道之需求量較高，其生態工法之作法上應多考量步道之設置與植被覆蓋率之關係；而戰地史蹟型國家公園在生態工法之作法上應多考量保存史蹟與維護生態環境，另外，金門屬於海島地型，因此，於生態工法之作法上亦要考量過境候鳥之棲地保育與復育。

由於各國家公園擁有不同之特性，因此，在生態工法之作法上應依其不同之地理位置特性與資源等而有所不同之解決方式。

(四) 生態工法應用於國家公園之探討

1. 國家公園之設施類型與項目內容

國家公園因具有保護自然生態與提供國民休閒遊憩等功能，因此，園內設施數量甚多，本研究依據使用方式將設施分為以休憩使用為目的與以生態保育、復育為目的等二類，說明如下：

(1) 以休憩使用為目的之設施：

- 管理服務設施：行政中心、遊客中心、管理站.....等。
- 公共服務設施：停車場、公廁、休憩設施、植栽美化設施.....等。
- 景觀道路設施：依使用方式分為：
 - 人：景觀步道.....等。
 - 車：車道（聯外道路、林道）、自行車道、道路護坡.....等。
- 景觀眺望設施：涼亭、觀景平台.....等。
- 解說設施：解說廣場、導覽牌、解說圖示.....等。

(2) 以生態保育、復育為目的之設施：

如溪流河川之護岸、水岸棲地之創造、濕地之復育.....等。

2. 目前國家公園應用生態工法之工程案例

國內的國家公園致力於生態保育與環境保護工作，目前已有顯著的成就。國家公園肩負提供國人優質休閒遊憩場所的責任下，工程設施之興建雖然不可避免，但如何秉持著不違反生態原則之前提下，儘可能建構近於自然之遊憩環境，以求與自然生態之共存榮仍為上策。因此在工程設施上，須融入「生態工法」的設計理念。

本研究收集國家公園生態工法案例共 21 例，依據工程設施類型分類，其中公共服務設施共 4 例；景觀道路設施共 7 例；景觀眺望設施共 2 例；解說設施共 1 例；自然生態保護設施共 4 例；其他工程共 3 例。國家公園生態工法案例之說明如表一、表二、表三所示。透過案例分析結果顯示，以生態工法理念實作之國家公園設施，多屬於景觀道路設施、公共服務設施、景觀眺望設施與自然生態保護設施等。本研究依據公共工程委員會對生態工法之定義，將國家公園生態工法實作案例依個案性質分為消極性生態工法與積極性生態工法等，其說明如下：

- 消極性生態工法：

為了避免工程開發對自然生態環境造成破壞與衝擊，運用生態工法之理念，使破壞降至最低，以達到水土保持、生態系循環與環境景觀融合等目的，並維持人類與生態環境間的平衡。

- 積極性生態工法：

為了保護自然之生態環境，運用生態工法之理念，對生態環境進行復育、保育等工作，提供生態系更豐富之棲息環境與生存空間。

依據上述之分類方式，目前國家公園生態工法實作案例中，多屬於消極性生態工法，然而國家公園在具有豐富生物資源之下，更應以積極的態度執行生態工法，進行生態環境的復育、保育，達到永續經營之目標。

表一 國家公園生態工法案例分析表

內容分析	
墾丁國家公園	(1) 南灣地區污水下水道系統工程
	規劃目的 確保南灣海域水質，有利海中生物生存及民眾親水活動之進行。
	具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 處理廠採地下化設計，不影響原來之視野景觀。 • 將處理後之放流水提供作為本處園區內澆灌灑水車使用，以節約用水及廢水再利用。 • 處理後之放流水引至遠離遊憩沙灘之台電核三廠冷卻水出口混合後放流。
	使用材料 <ul style="list-style-type: none"> • 污水處理廠為 RC 結構
	(2) 墾丁地區污水下水道系統工程
	規劃目的 確保墾丁海域水質，有利海中生物生存及民眾親水活動之進行，達到國家公園生態保育、育樂之目標。
	具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 利用接觸氧化法+高級處理去除氮、磷，減少海域水質優氧化的可能性，有效抑制海域藻類滋生，確保珊瑚良好生長環境。 • 利用石籠及邊坡穩定，有效阻絕泥沙沖刷入海，降低珊瑚族群因泥土覆蓋窒息而白化甚至死亡的情形。 • 經處理後之放流水先供本處園區內澆灌灑水車使用，以節約用水及廢水再利用。
	使用材料 <ul style="list-style-type: none"> • 污水處理廠為 RC 構造 • 石籠
	(3) 墾丁出火景觀工程
規劃目的 維護墾丁出火特有景觀，將出火地區重新規劃，並配合維護周圍之自然景觀。	
具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 嚴格限制開發行為，確保環境品質。 • 種植原生樹種樹木及草，有助水土保持，避免雨天山區泥沙被夾帶進入溪流。 	
使用材料 <ul style="list-style-type: none"> • 仿木料 • 原生樹種 • 草種 	
玉山國家公園	(1) 南橫公路口至梅山村人車分道步道工程
	規劃目的 解決人車爭道與例假日車輛湧入形成交通壅塞之情形，將此路段增設行人步道。
	具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 步道所用之材質包括木棧道、石塊等，以塊石鋪排為主。 • 以透水性混凝土連鎖磚作布農族圖騰之鋪排為重要之特色。
	使用材料 <ul style="list-style-type: none"> • 木棧道 • 塊石 • 透水性連鎖磚
	(2) 梅山口露營區設置工程
規劃目的 為解決假日住宿問題，規劃露營區。配合維護周圍之自然景觀，並考慮露營區之水土保持，使環境達到生態循環之目的。	
具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 設施材料主要利用原木及廢枕木，具生態保育理念，並與四周自然環境相融合。 • 全區均以植草方式綠化，兼具水土保持及美化之功能。 • 表演場階梯以塊石鋪排，增加透水性及孔隙性。 	
使用材料 <ul style="list-style-type: none"> • 原木、廢枕木 • 植草皮 • 塊石 	
陽明山國家公園	(1) 冷水坑湖泊復舊工程
	規劃目的 回復原有之沼澤及水生動、植物、兩棲爬蟲類及重要水鳥棲地。
	具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 工程均以人工施作，不得使用動力機械，維護了當地動植物生態。 • 以觀測自然沼澤溼地生態演替為目的來設計
	(2) 人車分道冷水坑至絹絲瀑布入口段步道工程
	規劃目的 維護週遭之自然景觀，並利用透水性佳之道路鋪面材，以達到水土保持之效。
	具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 配合林間自然地形的變化，設置木棧道，提供豐富之行進路徑，並於適當之景點設置休憩涼亭，融合四周環境。 • 使用塊石、木材、級配石料等材料配合運用，作為步道鋪面材料。塊石與級配石料之多孔性，增加透水性，達到水土保持之功用。
	使用材料 <ul style="list-style-type: none"> • 塊石 • 木材 • 級配石料 • 草種
(3) 大屯木棧道改善工程	
規劃目的 將原有木棧道修築完善，並使木棧道更能與自然環境相融合。	
具體作法 <ul style="list-style-type: none"> • 依據原有路徑施築，未破壞原有路徑外之林相與草地。 	
使用材料 <ul style="list-style-type: none"> • 木棧道 • 混凝土(基礎) 	

表二 國家公園生態工法案例分析表

		內容分析
陽明山國家公園	(4) 竹子湖棧道及生態池工程	
	規劃目的	為保護竹子湖內之台灣水韭與台北樹蛙蝌蚪，進行竹子湖濕地保育專案之保護計畫。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> • 設置景觀眺望平台及木棧道提供遊客觀察自然溼地之生態。 • 架高木棧道與平台，以不直接破壞原有生態環境。
	使用材料	• 原木材質
	(5) 菁山露營場自然親水帶	
規劃目的	復育親水帶自然環境，設置為水生螢火蟲棲息地，供螢火蟲生存與棲息。	
具體作法	<ul style="list-style-type: none"> • 岸邊使用安山岩乾砌或用塊石堆置以留縫隙，製造多孔隙性以供生物生長。 • 溪澗中並放置螺貝類，供螢火蟲覓食，並栽種適合棲息之植被，以利水生螢火蟲及相關生物蛙類等棲息。 • 配有極少低矮照地景觀燈，使光害影響減至最低。 	
使用材料	• 安山岩 • 螺貝類 • 植被 • 低矮照地景觀燈	
太魯閣國家公園	(1) 新建關原污水處理廠工程	
	規劃目的	改善立霧溪之水質，並配合維護周圍之自然景觀與穩定邊坡，加強邊坡水土保持及綠化、美化。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> • 全地下化設施，並規劃綠帶及廠區景觀美化。 • 放流水回收再利用及污泥配合垃圾處理，供作衛生掩埋或苗圃推肥。 • 以格梁植生穩定邊坡、加強水土保持及綠化、美化。
	使用材料	• 污水處理廠為 RC 構造 • 格梁為 RC 構造 • 植生草皮
	(2) 石門山步道設施工程	
規劃目的	為防止遊客以抄捷徑之方式使用步道，嚴重影響高山草原之生態，故設置步道設施，明確規範登山客行進路線。同時配合整建周邊環境，以恢復山頂之植物生態。	
具體作法	<ul style="list-style-type: none"> • 規劃主要步道路線，設置導水截水溝，防止零星小徑形成表土流失，破壞水保情形。 • 復原山徑表土及原有植栽綠化。 • 設置平台、木階梯形成自然動線，引導遊客觀景遊憩。 • 以格架植生穩定邊坡、加強水土保持及綠化、美化。 	
使用材料	• 植栽 • 塊石 • 碎石級配 • RC 格框 • 原木材料	
雪霸國家公園	(1) 清泉轉運站停車場環境綠美化工程	
	規劃目的	利用規劃停車場同時，配合維護周圍之自然景觀，使用透水性良好之鋪面材料，使環境達到生態循環之目的。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> • 使用植草磚，其良好之孔隙性，有利於地被植物發芽生長，並具水土保持功能，可達減少土壤表面逕流之效。 • 使用透水性連鎖磚，其具有良好之透水性，土壤吸收充足之水份，提供植物吸收生長。
	使用材料	• 植草磚 • 透水性連鎖磚 • 混合草種之土壤
	(2) 七家灣溪湧泉池改善工程	
	規劃目的	改善七家灣溪湧泉池環境，提供櫻花鉤吻鮭一個緊急避難所，回覆鮭魚之原始生態環境。創造櫻花鉤吻鮭產卵場地。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> • 利用石籠護岸，阻擋兩岸崩落及沖蝕的泥砂，藉此清理湧泉池讓水源常保清澈。 • 安置適當之碎石河床面，提供鮭魚產卵場地。 • 岸邊植物搭建遮蔭網架，降低水溫，並減少鳥類捕食稚齡鮭魚的機會。 • 工程施工就地取材，對原有地形、地貌保持最少變動。
使用材料	• 塊石 • 碎石 • 遮蔭網架 • 石籠	
(3) 七家灣溪護岸工程		
規劃目的	維護珍貴之櫻花鉤吻鮭魚苗棲地之安全，使櫻花鉤吻鮭能於颱風、洪水時之有避難所，並使河岸回覆原有植生、涵養水源。	
具體作法	<ul style="list-style-type: none"> • 運用塊石護岸，塊石間隙填土植栽或供水中生物避難用 • 利用石籠來穩定岸坡，具有孔隙構造提供水中生物棲息、避難之場所，其排水效果佳、且連續性及柔性均佳，並可降低不均勻沉陷造成不良影響。 • 於石籠上方鋪設植生草毯。 	
使用材料	• 塊石 • 石籠 • 植生草毯 • 植栽枝條	

表三 國家公園生態工法案例分析表

		內容分析
雪霸國家公園	(4) 觀霧地區給水設施週邊美化工程	
	規劃目的	利用興建觀霧地區給水設施之同時於管理站旁之配水池及週邊空間規劃觀景平台、步道、植栽、美化環境等設施。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 觀景平台與步道設施材料為原木材質，造型、色彩與質感之設計以融合當地環境為主。 乾砌塊石截水溝配合山坡面傾斜度之不規則排列，將雨水分項導引至排水溝並於截水溝底排列塊石，讓部分雨水自然滲透地底，且不影響坡面之安全及不虞遭沖刷。
	使用材料	• 原木材料 • 塊石 • 混合草種之土壤
金門國家公園	(1) 行政中心及遊客中心停車場及步道等景觀第二期工程	
	規劃目的	配合原遊客中心功能強化戶外廣場機制。融合當地由外而內之景觀風貌呈現。保留原有植栽，另增加開闢綠化區。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 廣場地坪鋪設具傳統人文特色之窯燒磚材料，欄杆採閩南式傳統建築模式，呈現金門當地傳統建築特色。 新設透氣性步道並預留 3-5 公分隙縫，間撒草籽植生，具生態及綠化功能。 停車場地坪鋪設具透水性之植草磚以符合生態工法。
	使用材料	• 窯燒磚 • 透氣性步道 • 草籽 • 植草磚
	(2) 中山林停車場景觀工程	
	規劃目的	透過動線規劃與鋪面材料改善目前停車空間，並利用規劃停車場之同時，配合維護當地景觀特色。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 停車場鋪面使用植草磚，有利於地被植物發芽生長，並具水土保持功能。 人行步道使用天然石片乾砌且縫植假儉草，使地坪不至因陽光折射過強而有路面之炙熱。 腳踏車停車場則以透水磚鋪設，減少地表水逕流，增加水文循環之機會。
	使用材料	• 植草磚 • 天然石片 • 假儉草 • 透水性連鎖磚
	(3) 五虎山至山后民俗村廣場及步道美化	
	規劃目的	使景觀區與其周邊環境相互連繫將區內及周邊各項遊憩、休閒設施予以美化整飾、維護林蔭道路景觀、改善道路狀況。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 延用地區傳統建材特色，廟前地坪鋪築丁字、人字花崗石板搭配紅色長方形窯燒磚。 廣場邊駁坎施作坡趾後回填砂壤土，表面植草處理，達到邊坡保護及綠化功能。 道路鋪面採用透水性材料及綠化功能。
	使用材料	• 花崗石板 • 窯燒磚 • 砂壤土 • 植草 • 透水性連鎖磚
	(4) 北山振威第前廣場及聯外道路整建工程	
	規劃目的	規劃廣場與將聯外道路之排水系統及其道路兩旁之景觀作一整理。
	具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 道路整修採取軟底方式施工，路基以原有路面打除之混凝土石塊作為碎石級配並填以細砂，路面層以連鎖磚鋪排而成。 道路兩側，配合建築外觀，色澤仍以紅色窯燒磚作為鋪面層，使當地之景觀風貌更融合，別具特色。
	使用材料	• 混凝土石塊 • 細砂 • 透水性連鎖磚 • 窯燒磚
(5) 自然生態解說站工程設計說明		
規劃目的	建立自然生態及保育之觀念而興建設解說站，並與周邊自然人文環境相結合，進而維護原有生態體系環境。	
具體作法	<ul style="list-style-type: none"> 利用建築物下方挑空設計，自然形成躲藏空間，以建構避風、哺育及棲息等自然生態之行為模式，以提供小鷺遜、白冠雞、紅冠水雞等避風哺育及棲息場所。 造型採仿閩南式傳統建築，以結合地區性之整體景觀。 	
使用材料	• 解說站為 RC 構造	

3. 生態工法應用於國家公園設施之作法

經由以上生態工法案例之調查分析與相關文獻之探討，列舉生態工法應用於國家公園工程設施之項目內容與具體作法，分別說明如下：

(1) 停車場設施

國家公園停車場設施之規劃，由於其敷地廣大，在鋪面材料易受取材數量之限制，因此，為了解決停車場鋪面材料之數量限制與地表排水之問題，停車場設施鋪面材料改以透水性良好之透水性連鎖磚代之，並配合使用植草磚之鋪設。

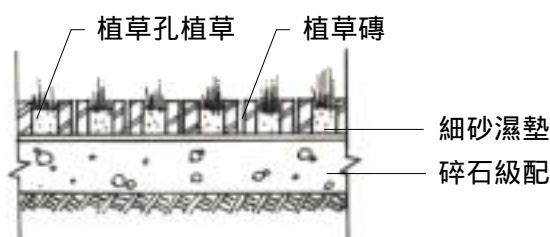
● 使用植草磚增加綠覆率

由於植草磚具有良好之孔隙性，有利於地被植物生態系之發芽生長，並具有水土保持功能，可達到減少土壤表面逕流之效，可使土壤保持水分且較不易蒸發，並增加停車場之綠覆率。在植草磚之使用上，可於夯實之後，於其孔隙間填以混合草種之土壤，散佈其間，經灌水處理後，有助於草種之發芽，地被覆蓋後，水土保持功效更為顯著。如圖一所示。

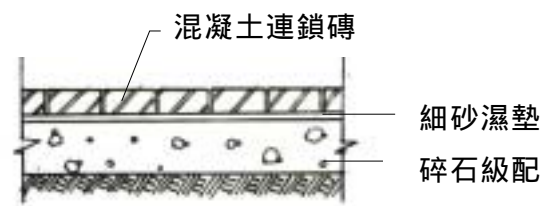
● 使用透水性良好之連鎖磚

透水性連鎖磚具有相當之孔隙性以及透水性，其良好之透水性可使地表水更容易滲透到土壤層，讓地表水能於土壤層停留較長之時間，使土壤更能充份吸收水份，提供植物養份而生長，更可利用鋪排方式設計鋪面圖樣，豐富步行樂趣。如圖二所示。

植草磚與透水性連鎖磚等，皆屬於透水性鋪面。透水性鋪面具有將雨水滲透至地下，而不會導致土壤缺氧等現象，有助於植物的地下生長狀態，並可減少地表水逕流，增加水文循環之機會，以符合生態工程精神。



圖一 植草磚鋪面剖面圖



圖二 混凝土連鎖鋪面剖面圖

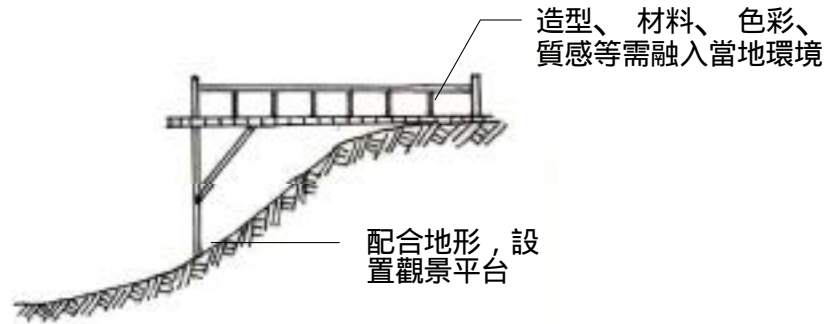
(2) 觀景平台與步道設施

觀景平台與步道為國家公園內數量最多之設施，觀景點及步道設施之設置，以提供遊客良好亦兼具教育性之休憩空間為主要目的。

● 觀景平台

於材質上之使用主要以原木材質為主，配合地形高低起伏之特色變化，於適當之高程與景

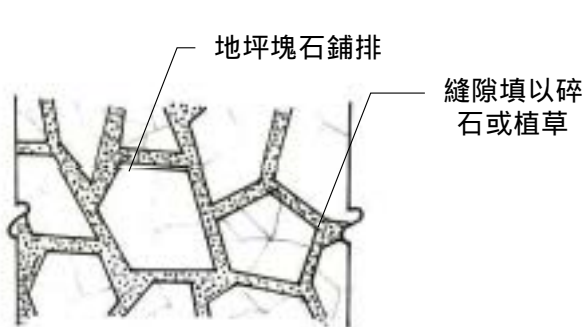
觀點設置觀景平台。觀景平台的設計除如前述之外，另外設計時應該注意其造型、材料、色彩、質感等必須融入當地環境，以不破壞當地風貌為原則。如圖三所示。



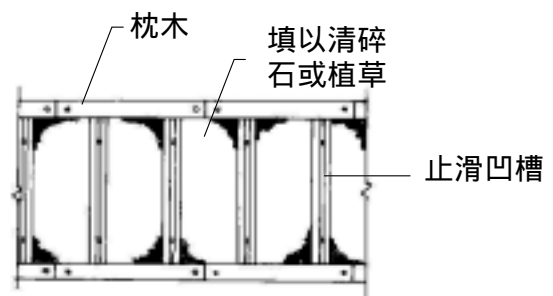
圖三 平台設置示意圖

● 步道

步道除了如觀景平台之設計原則外，應加入透水性鋪面之考量，如採用透水性連鎖磚、碎石級配、塊石步道預留縫隙植入草籽或填以碎石.....等作法(如圖四、圖五)。



圖四 塊石步道



圖五 枕木步道

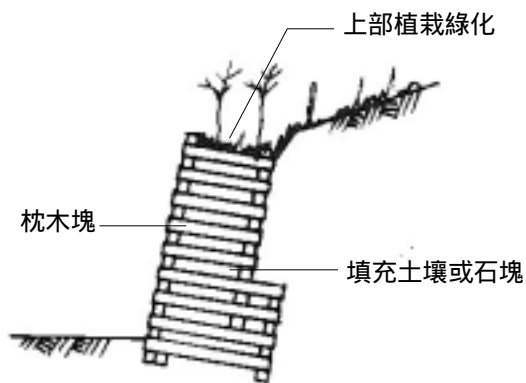
另外，為解決因步道整地所造成之高差問題，需有邊坡之設置，即護坡工法。護坡工法最常使用之材料以木材、石材為主，依其使用材料分別說明如下：

a. 木材邊坡：

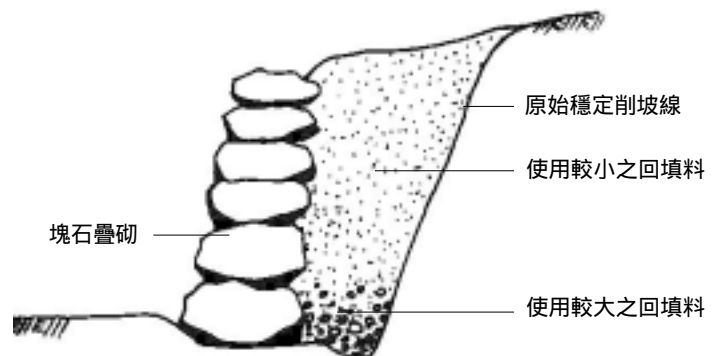
木材邊坡主要以施打木樁達到穩定邊坡之功效，並配合植生覆蓋，達到水土保持，強化坡面，減少土壤流失，更增加邊坡穩定之效果(詳如圖六)。

b. 石材邊坡：

使用乾砌之方式穩定邊坡，石塊與石塊間之縫隙，亦可達到透水之功能，另外藉由植生附著後，可以穩固開發步道後裸露之邊坡。(詳如圖七)。



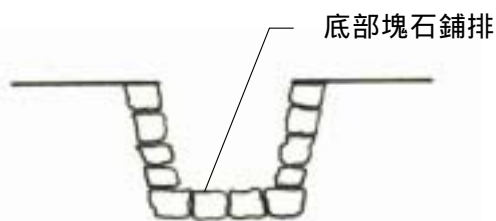
圖六 木材邊坡



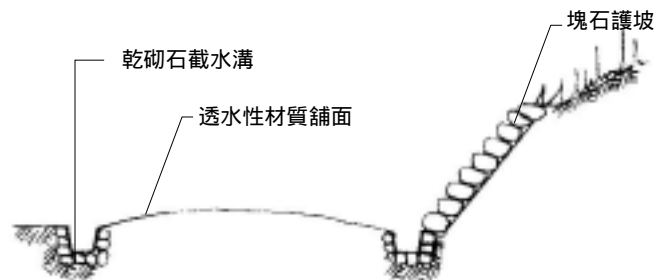
圖七 石材邊坡

● 乾砌石截水溝

利用山坡面傾斜度採不規則排列方式，將雨水導引至排水溝，排水溝底部以塊石鋪排設計，讓部分雨水自然滲透地底，且不影響坡面之安全及不虞遭沖刷。詳如圖八所示。步道與邊坡、截水溝之關係如圖九所示。



圖八 乾砌石截水溝剖面圖



圖九 道路、邊坡與截水溝之示意圖

(3) 生態保護設施

在生態保護方面設施方面，本文以雪霸國家公園七家灣溪護岸工程為例，並加以說明其具體之作法。

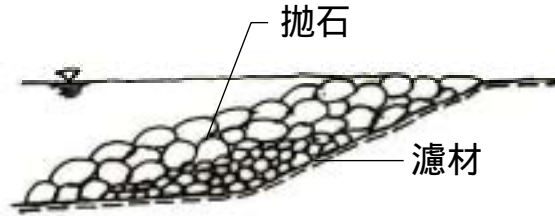
● 塊石護岸

塊石護岸對岸坡具較高穩定性，塊石與塊石間之孔隙有利於植物之生長並具生態性，孔隙可填土植栽或供水中生物避難用，塊石主要為天然取材，可增加岸坡原始景觀，並顯現出溪溝之野趣。如圖十所示。

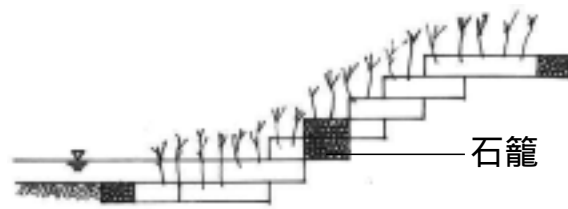
● 石籠護岸

河岸利用蛇籠護岸，阻擋兩岸崩落及沖蝕之泥砂，藉此清理湧泉池讓水源常保清澈，蛇籠

設施除了耐流水力外，其柔性材質的設計產生多樣性之孔隙，以創造出適合植生、昆蟲、鳥類、魚類等生存之水邊環境。如圖十一所示。



圖十 拋石護岸



圖十一 石籠護岸

● 植生護坡

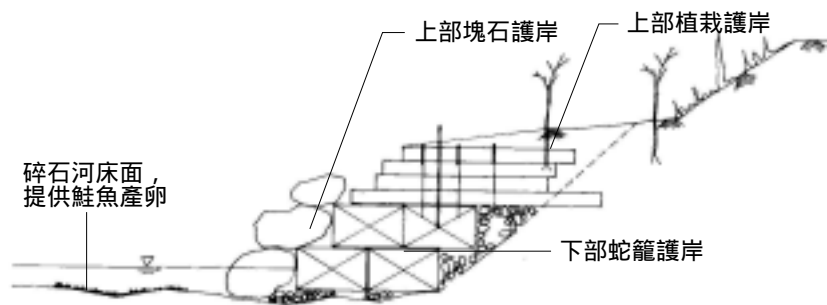
河岸除可利用塊石與蛇籠的多孔隙性，供作生物的生存與迴避場所外，亦可利用岸邊植生之方式，於岸邊回填土壤植入當地取得之植物枝條，利用植物生長之特性，以穩定邊坡促進水土保持，除可增添河岸綠意外，待插枝植栽萌芽生長成後，有助於河岸整體生態之恢復，並使得與四周環境融合為一體。如圖十二所示。

上述之塊石護岸、石籠護岸與植生護岸等，此等生態護岸是最具生態性考量之工法，故本文提出來加以探討。

雪霸國家公園七家灣溪護岸工程案例中，分別運用了上部塊石、下部蛇籠與上部植栽等三種不同的護岸工法於一個工程中，此案例顯示，一項工程並非僅使用一種工法，而應視工程所需要，因地制宜，選擇適用之工法。詳如圖十三所示。



圖十二 植生護岸



圖十三 七家灣溪護岸詳圖

4. 生態工法之規劃設計、施工與材料使用原則

由於國家公園擁有豐富之自然環境與資源，因此在生態工法之作法上應考量以下原則來進行設計與施工：

4.1 生態工法之規劃設計原則

- 選定之工法必須因地制宜。
- 材料之結構必須滿足安全標準。
- 結構與造材應能夠提供生物必須之空間與屏障。
- 應避免阻絕動物往返之通道，並確保其食物來源無虞。
- 工程設計應滿足生物需求，達到生態多樣性。
- 應避免外來種的栽植、移入。

4.2 生態工法之施工原則

- 施工時間之籌劃應避開生物活動及生育(生殖、育雛)等重要時期。
- 工區附近若有保育類生物資源存在時，應設法加以隔離避免干擾。
- 工區設置需考量生物棲地及生育環境之關係。
- 施工過程中應採取必要之噪音、污染、震動等干擾之防範措施。
- 物種之臨時性遷移，若無法全部遷移，則應將能維持其族群衍續之最低個體數，遷移至他處，以確保未來完工後，重新移回時該族群能順利繁衍。
- 施工過程中，需考慮現存植生之留置，工程應儘量朝滿足最小需求為目標。
- 工程施工時，應避免完全阻絕生態之連續性。

4.3 生態工法之材料使用原則

- 工料選定條件的考慮原則在於儘量利用自然資材，並採用工程基地附近存在的自然材料(如植生、自然石材、及可作環境保全之材料等)，避免使用來自不同環境之自然材料(如外來種、移入種或園藝種等)，以免影響當地的生態系。
- 使用材料之造型、色彩、質感等必須融入當地環境，以不破壞當地風貌為原則。
- 仔細評估材料強度及耐久性，並注意素材之選擇及設計場所。

(五) 生態工法面臨問題之探討

現階段生態工法之推動面臨許多問題，專家學者已警覺到未來可能面臨之瓶頸與難題，並且一再地提出探討。在問題尚未明顯產生之狀況下，應該以積極宏觀之態度進行生態工法的省

思與檢討，以客觀前瞻之理念進行研究與分析。本研究將整理現階段國家公園管理單位所提出有關生態工法之相關問題，藉以認清問題的內涵，釐清問題的本質，詳如表四所示。

表四 現階段生態工法面臨問題之彙整

政府部門	
法令面	<ul style="list-style-type: none"> • 生態工法定義不明確 • 相關法令制度尚未明訂規範 • 各部會及單位所持看法不一
制度面	<ul style="list-style-type: none"> • 預算制定： 各單位常存在預算預算執行之問題，因此在有限之時間內，工期易受到壓迫，規劃設計及施工進度受到管制，造成時間不足之現象，更會影響到工程品質。 • 發包制度 生態工法之工程特性為因地制宜、就地取材等，因此，工程施作採低價得標模式進行，設計者與施工者在利潤的考量下，容易有偷工減料的情形發生，因而降低工程品質。 • 驗收制度 生態工法並無一套完整之驗收機制，因此，無法確保工程品質。
執行面	<ul style="list-style-type: none"> • 維護管理不易 生態工法涵蓋甚廣，工程與生態環境之間維護不易。
設計單位	
政策面	<ul style="list-style-type: none"> • 規劃設計準則尚未規範，設計無從遵循。
專業面	<ul style="list-style-type: none"> • 工程專業整合不易 • 規劃設計人員觀念之調整，於景觀、生態學上的應用。 • 設計人員素質不佳。
執行面	<ul style="list-style-type: none"> • 生態學人員欠缺工程經驗。 • 工程設計缺乏案例可參考。
教育面	<ul style="list-style-type: none"> • 設計人員生態工法之教育與訓練不足。
施工單位	
政策面	<ul style="list-style-type: none"> • 施工規範缺乏，工程施作無從遵循。
專業面	<ul style="list-style-type: none"> • 工程專業整合不易。 • 工程人員以實務為主，欠缺景觀與生態學上之理念。 • 施工技術不足。
執行面	<ul style="list-style-type: none"> • 施工過程缺乏典範可參考。 • 無完整之驗收機制。
教育面	<ul style="list-style-type: none"> • 技術人員生態工法之教育訓練不足。
管理單位	
政策面	<ul style="list-style-type: none"> • 相關管理制度尚未明訂規範 • 合約上無明定管理權則 生態工法較一般傳統工法更需要初期的維護管理，才能確保其功效，而目前並未明定承包商在一定時間內之維護管理責任。
專業面	<ul style="list-style-type: none"> • 管理單位之管理人員缺乏基本教育。
執行面	<ul style="list-style-type: none"> • 維護管理不易 生態工法涵蓋甚廣，工程與生態環境之間維護不易。
教育面	<ul style="list-style-type: none"> • 國家公園管理單位之人員多具備生態保育方面之基本教育，因此，較不缺乏生態保育方面之教育訓練。

【本研究整理】

四、結論與建議

1. 結論

本研究提出生態工法應用於國家公園之觀念，藉由歸納分析台灣生態工法應用之現況與國家公園生態工法之成功案例與經驗，探討目前生態工法於國家公園之執行現況，本研究之結論如下：

- (1) 目前國內生態工法處於起萌、模仿階段，各單位對生態工法之見解亦有所不同。縱使各界對生態工法之理念、作法接受度很高，但卻無一套完整之規範依據與技術法則可依循，只能不斷重複著嘗試學習。因此，在積極推動之際，仍有許多問題尚須釐清與克服。例如生態工法缺乏明確一致之定義、缺乏施作之規範與驗收標準難建立、設計與施工人員對生態工法之專業知識不足、後續維護管理不易等。因此，生態工法觀念之釐清、制度、規範與標準之建立、相關人員之教育等，對後續推動生態工法而言，是相當重要且刻不容緩之工作。
- (2) 各個國家公園由於其地理位置特性、自然環境與生態資源特色不同，生態工法運用之範圍與作法亦有所差異，因此國家公園於執行生態工法時，須考量自然資源與生態環境之特性，選擇適合之施作方式，以達到自然生態保育之理念。
- (3) 國家公園設施類型依其使用目的可分為供遊客休憩使用之設施，以及自然生態保護之設施，兩者之最終使用者與目的有所差異，因此，不同之工程規劃目的其生態工法應有不同之處理方式與作法。故生態工法執行之前，應先依工程規劃目的，給予最適當之解決方法。又國家公園具有豐富之生物資源，更應以積極的態度執行生態工法，進行生態環境復育、保育工程。
- (4) 目前各國家公園致力於生態保育與環境保護工作，已有顯著之成就，各項工程設施為達到生態之永續利用，工程積極導入「生態工法」之理念。根據本文案例分析瞭解，目前國家公園執行生態工法之各項工程，多屬消極性之生態工法，然而國家公園具有豐富之自然生態資源，更應以積極的態度執行生態工法，進行生態環境的復育、保育工作，達到永續利用之目標。

2. 建議

生態工法是結合生態與工程二領域知識之施工技術，台灣生態工法大多用於河川、溪流之整治與修復，然而國家公園內蘊藏大量之自然資源，於興建各項休閒旅遊與服務設施時，尤應考慮生態工法，以避免破壞自然生態環境。本研究對於生態工法應用於國家公園之研究建議如下：

(1) 建立生態工法執行模式

國家公園因自然環境與資源環境特殊，在施作生態工法時更應以保育生態系環境為目的。因此，國家公園應建立一套適用於國家公園之生態工法執行模式，如建立規劃、設計、發包、

施工、驗收與維護管理等各階段之執行流程與方式，提供國家公園管理者於未來執行生態工法時之遵循依據。

(2) 生態資料庫之建立

生態工法執行時之首要步驟即是建立生態資料庫，依據生態環境之特色，因地制宜，選擇適當之工程施作方式。相對的，工程區域內生態環境因子之基本資料與狀況，對生態工法執行相當重要。透過「生態資料庫」之建立，了解生態之分佈位置、狀況及其特性，再選擇適當之「生態工法」，以避免破壞自然環境生態。因此，國家公園生態資料庫之建立，不僅對生態工法之執行，有其必要之功用，對於未來經營永續發展亦有莫大之幫助。

五、誌 謝

本研究係由雪霸國家公園管理處補助研究經費，研究期間承蒙雪霸國家公園管理處陳裕良課長、于淑芬小姐及張美瓊小姐提供各項協助，特此誌謝。研究的完成，更感謝中華大學營建研究中心吳卓夫教授的指導與國家公園研究小組成員的鼎力相助，在此一並誌謝。

六、引用文獻

- 吳文雄、黃桂珠，「生態設計在國家公園環境工程之應用」，內政部營建署玉山國家公園管理處，1998。
- 國立台北科技大學土木系，「集水區親水及生態工法之建立」，經濟部水資源局 89 年度專案計劃，2000。
- 林鎮洋、邱逸文，「生態工法與營建工程」，綠營建工程研討會論文集，2002。
- 經濟部水資源局，「2001 近自然工法研討會」，國立台北科技大學土木系暨環境所，2001。
- 水環境研究中心，<http://www.ntut.edu.tw/>
- 內政部營建署，「台灣國家公園史 1900-2000」，2002。
- 水環境研究中心，「墾丁國家公園管理處八十八年度生態工程案例」，1999。
- 水環境研究中心，「玉山國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999。
- 水環境研究中心，「陽明山國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999。
- 水環境研究中心，「太魯閣國家公園管理處八十八年度生態工程案例」，1999。
- 水環境研究中心，「雪霸國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999。
- 水環境研究中心，「金門國家公園管理處八十八、八十九年度生態工程案例」，1999。
- 經濟部水資源局，「生態工法技術參考手冊」，國立台北科技大學水環境研究中心，2000。
- 林鎮洋、邱逸文，生態工法概論，國立台北科技大學水環境研究中心，2002。
- 林金德、黃于玻、蔡真珍，「現階段生態工法推展所面臨的問題與對策」，第一屆自然生態工法理論與實務研討會，2002。
- Scott D ,Susan M, James L,2001, “ Design principles for ecological engineering”, Ecological Engineering 18, 201-210.

- Bergen, S.D., Fridley, J.L., 1994, Defining forest engineering. Presented at the ASCE Annual International Meeting. Paper No. 947516.
- Jorgensen, S.E., Neilsen, S.N., 1996. Application of ecological engineering principles to agriculture. *Ecological Engineering* 7, 373-381.
- Odum, H.T., 1996. Scales of ecological engineering. *Ecological Engineering* 6, 7-19.
- Van der Ryn, S., Cowan, S., 1996. *Ecological Design*. Island Press, Washington, DC.

The application of ecological working methods to facility construction in Taiwan's National Park

Yi-Meng Cheng^{1,3} and Young-Fa Lin²

(Manuscript received 11 June 2003 ; accepted 11 November 2003)

ABSTRACT : In the past years, the ecological working methods have been adopted in construction of public works in Taiwan. Major fields for application of the ecological working methods including facility construction of national parks, recreation areas, reformation of city and county scenery, and reconstruction of Jiji earthquake. However, most ecological engineering examples constructed thus far have been found in river reconstruction and conservation. The national parks comprise of unique geological outline and plenty natural resources. The facility construction works of national parks should be performed with care in order not to damage the treasure natural scenery or disturb the sensitive ecological system. This research focuses on evaluating the applicability of the ecological working methods in national park facilities. Both the foreign and domestic ecological engineering case studies are collected and analyzed to provide applicable ecological working methods for the national park facility construction.

KEYWORDS : National Park, Ecological working methods

1. Lecturer, Department of Construction Engineering, Chung-Hua University
2. Superintendent of SHEI-PA National Park
3. Corresponding author