

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

高山型國家公園設施工程生態工法規範研擬之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-216-005-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：中華大學營建工程學系

計畫主持人：鄭奕孟

計畫參與人員：鄭凱華、李曉婷

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 30 日

中英文摘要

生態工法是近年來政府正積極推動的重要工法之一，隨著環境保護及生態保育的意識抬頭，國內工程界正逐漸重視及採用生態工法的概念。由於國家公園蘊有眾多豐富之自然生態資源，並具有自然生態保育與提供休閒遊憩之功能，其設施工程之興建亦不斷的增加且受到重視，故工程設施之興建應導入生態工法之理念，方可對自然生態環境及景觀之破壞降至最低，使國家公園園區內之自然生態資源及生態保育計畫能達永續經營之理念。

首先蒐集國家公園設施工程與生態工法之相關議題、國內外有關生態工法之規範與法令制度，以及掌握研擬規範之內容，進行彙整作為建立研究方向及架構；並針對國內國家公園之案列進行分析與探討，依照各種不同設施物之類型(交通設施、景觀休憩設施及解說設施)進行探討，匯整常用之生態工法，作為研擬適宜台灣地區高山型國家公園設施工程規範之依據，同時藉由學者、相關業務主辦人員及實際工地的現地，進行訪談，以作為驗證研究所研擬之規範。研究成果可供相關單位於執行相同屬性之設施工程時有正確可循之依據與基礎。

關鍵字：生態工法、國家公園、規範、設施工程

Abstract

Ecological Engineering is an important technology positively promoted by the government in these years. With the rising conscious of environment protection and ecology protection, the domestic construction industry values and employs the concept of Ecological Engineering gradually. Because national parks have abundant nature ecological resources and have the functions of nature ecology protection and providing recreation, and the facility construction keep on going and valued, therefore, the idea of Ecological Engineering shall introduce to facility construction so that the damage to nature ecological environment and landscape could reduce to minimum.

First is to collect issues relevant to facility construction and Ecological Engineering, and domestic and foreign standards, legislations and systems with respect to Ecological Engineering; furthermore, analyze and discuss cases of national parks according to different facility type, and gather frequent applied Ecological Engineering as the basis to study Ecological Engineering standards. The research results could propose to relevant institutions as the correct reference and basis for the execution of facility construction with same property.

Keywords : Ecological Engineering, National park, Facility construction, Standard

計畫內容

一、前言

生態工法是近年來政府正積極推動的重要工法之一，隨著環境保護及生態保育的意識抬頭，國內工程界正逐漸重視及採用生態工法的概念，生態工法基本上是遵循自然法則，使自然與人類共存共榮之觀念。而國家公園在其具有生態保育的功能下，更應該以生態工法之觀念來完成國家公園內各項硬體設施之建設，將國家公園內必要的設施工程興建過程中導入生態工法的概念，使其對自然生態環境及景觀之破壞降至最低，以達到自然生態保育及永續發展的理念。

生態工法涵蓋了工程學與生態生物學等兩大專業領域，其兩者之間專業技術整合相當不易，加上工程設計者或施工人員專業技術上之經驗與基礎研究不足，因此，面臨現階段政府法令制度及相關規範尚未成熟之際，生態工法在實務上面臨質疑與困難是在所難免的。

生態工法具有「因地制宜」之特性，而因地制宜也是國家公園內任何硬體開發建設須具備的中心思維，從工法的選擇、材料的選用與施工的規範都應隨著不同的生態環境條件而改變。現階段國家公園設施之規劃設計與施工過程中，並無一套完整且詳細之規範供設計者或施工單位予以參考，生態工法施作過程中從工程的規劃設計到發包施工甚至完工後的維護管理，每個階段看似為各個獨立的個體，實則為環環相扣的過程，若讓設計者能有完整且詳細的設計準則與規範，則設計者除可以輕易達成生態工法之設計要領與精神外，也可詳細訂定後續相關執行之規範，有可依循讓之規範可參考。因此建立完整且適宜的生態工法規範於目前相關規範尚未成熟之際，實則為重要的議題。

二、研究目的

國家公園是一個重視景觀與生態之場所，故應在設施工程設置的同時，亦應針對生態環境做考量，若單方面探討設施工程設置之形式、位置、美觀，而未討論設施工程在設置時對生態環境之影響，這樣反而對處於環境敏感區域之國家公園造成嚴重之環境衝擊。有鑒於此，本研究計畫將設施工程與生態工法作一結合，以永續經營為目的。其研究目的如下：

- (1) 掌握並研擬規範之內容與架構。
- (2) 研擬高山型國家公園興建設施工程執行時之生態工法之規範（包括交通設施、景觀休憩設施及解說設施等三種設施工程），可供相關單位於執行相同屬性之設施工程時有正確可循之依據與基礎。
- (3) 研究成果不僅可供國家公園設施工程之應用，亦可作為一般高山型自然山區設施工程之參考。

三、 文獻探討

自然生態工法之引進發展歷史

自然工法乃源自於歐洲德國及瑞士，近年來正逐步推展至世界各國。台灣早期為了山坡地的利用與搶災而不得不實施水土保持，所偏重多為設計安全、材料（質）堅固、經濟實惠、施工管理便利的工程設施，缺少配合環境調和必要所考量的造型設計、自然材料的選擇、綠美化的運用，雖然保護的目的達到了，但對環境、生態卻也造成傷害而不自知。

1938 年 Seifer 首先提出「近自然河溪整治」的概念，特別指出能夠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，同時特別強調河溪治理工程中美學的成分。至 50 年代德國正式創立了「近自然河道治理工程」，提出河道的整治要符合植物化和生命化。1962 年 H.T.Odum 首次提出「ecological engineering」，將生態學概念運用於工程中。隨著生態學理論的發展，人們對溪流治理有了新的認識，對於生態治理的目標，除了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。治理時考慮溪流的水理特性和地形特點，將溪流的自然狀況或原始狀態，作為衡量溪流整治與人為活動干預程度的標準。

1971 年 Schlueter 認為近自然治理（near nature control）的目標，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。1983 年 Bidner 提出河道整治首要考慮河道的水利學特性、地貌學特點與河溪的自然狀況，作為衡量河道整治與人為活動干預程度的標準。1985 年 Holzmann 認為生態治理是通過生態治理創造出一個具有各式各樣水流斷面、不同水深及不同流路的溪流，把河岸植被看待為具有多種小生態環境的多層結構，強調生態多樣性在生態治理的重要性，注重工程治理與自然景觀的和諧性。到了 1989 年 Pabst 則把生態治理看為一種工程治理方式，溪畔僅用帶石塊的原有土壤或純石塊覆蓋，河岸植被則應該是由自然下種形成的，其他一切刻意促進植被恢復和改良土壤的措施如撒種、栽植、灑水、施肥等均應禁止，溪流的自然特性依靠自然力去恢復。1992 年 Hohmann 從維護河溪生態系平衡的觀點出發，認為近自然河溪治理是減輕人為活動對河溪的壓力，維持河溪環境多樣性、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。近自然治理的實質就是景觀生態學與野溪治理學的完美結合，亦就是既有防護作用又能維護野溪自然景觀的管理工程。到了 1993 年 5 月由美國(National Academy of Sciences)所主辦的生態工法研討會中定義：「The design of sustainable ecosystems that integrate human society with its natural environment for the benefit of both」(Mitsch, 1996)。

國內相關研究

林鎮洋，邱逸文於「總論及各國經驗」一文中說明，生態工法所重建的近自然環境，除了顧及人類自身的需求外，最重要的是同時亦提升了維護各類生物棲身環境、生態及景觀完整等因子的重要性，與其在整體規劃考量中的位階。並提出在認同生態工法之餘，如何清楚認知所面臨的問題並建立一套推展政策，已是刻不容緩的工作[39]。另外，林鎮洋與鍾詩明於「歐洲生態工法經驗與展望」一文中提及，應從歐美國家生態工法成功的案例中，回過頭審視今天身處各式生態危機的台灣[40]。

謝政道在「集水區親水及生態工法設計規範手冊之研擬」一文中提及，為了有效提升資源開發工程技術，使其既能滿足水資源利用、水土保持、防洪、灌溉、排水等需求，同時避免破壞河川溪流原有的生態環境，一方面應深入瞭解本土溪流水生物的生態特性，另一方面也需適時修正不當之工程設計[41]。

林信輝在「台灣自然生態工法應用現況與發展」一文中強調，生態工法或生態保育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)互相依存之關係，強調生態系結構之穩定、生態系環境之多樣性，以及生物棲身廊道連續性之創造工法為目標，所進行之相關措施及工程[42]。其他相關單位與學者對生態工法之定義如(表1)所示。

蔡仁惠於「生態環境規劃與生態工法」一文中認為，生態工法是一種建立在生態環境規劃系統下的工程施作方法，此規劃系統著重於當事者生態觀念的建立以規劃出有利於自然環境的較佳設計[43]。此外，於「淺談綠建築與綠營建」一文中敘述，因應世界環保議題及國內環境整體發展之趨勢，建議現行之生態環境工程技術，應著重自然環境的永續利用，修正「人定勝天、征服自然」之心態，積極建立「尊重自然、愛好自然、親近自然」的環境教育概念；並重新思考現今環境的政治措施與長遠規劃方向，加入生態、保育議題之考量，推行「綠營建」、「綠建築」及「生態工法」等「永續經營」之工程技術，以更寬廣的角度來正視「自然環境」與「工程技術」之關係，以達兩者能互利共生、生生不息之目的[46]。

伊利諾大學土木系Dr. Herricks則從其自身經驗出發針對生態工法提出不同的看法，其認為，在生態工法設計方面，則需將提供自律系統發生的空間以及在時間上的永續性納為考量準則之一。生態工程的終點，應是工程績效的評估，但規劃評量的尺度需以生態系統的時間尺度為主，同時，也需具備適當的經營管理措施，以及納入當地社區居民的意見，因為社區的參與絕對是非常重要的關鍵。此外，在整個生態工程從規劃設計到執行、完工後的監測等過程，不論是工程人員或是生態學者，彼此間都必須有密切的互動，以及互相合作的關係[44]。

國外相關研究

歐美國家在工程方面同時兼顧環境保護工作已行之有年，德國早期主要應用於河道整治中，為了保護環境而採取各種必要之工程措施，隨後被引入野溪治理

並發展為「近自然工法」。美國目前於溪流復育的研究與發展上，亦有相當之成就。日本亦致力於河川、護岸等「近自然河川工法」。

國外相關之研究自德國 Seifert 首先提出近自然河溪整治的概念後，H.T. Odum 等亦提出將自律行為(self-organizing activities)之生態學概念運用於工程中，並首度提出「ecological engineering」一詞[47]。生態學家 Mitsch 及 JOrgensen 彙整具有共同特質與原則之各類型工程技術並賦予定義，並明確地界定「生態工程」的觀念以及適用範疇[45]。Hohmann 則提出應尊重自然生態環境原有的多樣性，並依現存之生態條件，建設一個良好水循環及安全的河川環境，並積極復育自然環境，使自然環境再生。而 Herricks、Rhoads 建議應該用「近自然」較為適切，認為人類僅能的是從所觀察到的生態原則中學習，進而應用在人為工程作業中，由其人類對於自然資源的利用應該被視為現階段“自然”環境的組成分子之一，而這個組成分子應該於環境保護及制定規範的過程中被考慮進去，進而應用在以確保地形及生態之型態、功能多樣性的溪流經營管理中。

國際間，生態工法之概念始於 1938 年 Seifert，以下就國際間生態工程的發展歷程作一簡單的縱合彙整，相關重要里程碑如下[14]：

- 1938 年德國 Seifert 首先提出近自然河溪整治的概念。
- 1951 年德國 Kruedener 提出「生物工程(bioengineering)」一詞，指出所謂生物工程便是一種在進行大地或水資源工程時，用於處理不穩定之邊坡或河岸、河床時，所採行之應用生物學知識的工程技術。與現行生態工法的觀念極為吻合。
- 1962 年 H.T. Odum 等提出將自律行為 (self-organizing activities)之生態學概念運用於工程中，首度提及「ecological engineering」一詞。
- 1970 年代中期美國開始致力於改進過度人工化之渠道。
- 1970 年代中後期美國進而針對特定物種，進行小範圍之河川修復。
- 1980 年代初期，美國進一步以地形學為考量，進行小範圍之河川修復。
- 1984 年日本所舉辦之「日歐近自然河川工法研究會」中，確立「近自然河川工法」，及其定義與精神。
- 1989 年生態學家 Mitsch 及 JOrgensen 彙整具有共同特質與原則之各類型工程技術並賦予定義，並明確地界定「生態工程」(ecological engineering，書中亦混用 ecotechnology 一字)的觀念以及適用範疇。生態工程正式誕生，而生態工法亦成為其應用主軸(生態環境工程、人工生態系、生態產業，以及生態工法)之一。
- 1990 年代中期開始，美國已經累積足夠之學理與經驗，著手進行大型河川復育(最著名者為 Florida Evaglade 生態復育計畫)。
- 1991~1997 年，日本著手生態工法之推動，共完成 5000 事例，總計 1185 公里區段之整治與復育。

國內外生態工程之比較分析

生態工程應用範圍廣大，各國家因地形、地質、生態環境及人為需求不同，應用生態工程之方法皆不同。藉由國內外生態工程案例之分析，探討國內外生態工程之目的、範疇類型及作法與台灣生態工法差異性。分析如下，並可參見（表 2）所示：

• 美國

美國因面積廣大，人口密度低，人的需求和生態環境較無衝突，因而規劃目的可分開考慮，以生態或以人的需求為主。因台灣面積小，人口密度高，人和生態是息息相扣，在實施生態工法，需以人和生態需求共同考量，因此美國生態工程之作法較不適用於台灣。

• 德國

德國生態工程以創造生態綠網為目標，針對建築物改造，創造生態環境。規劃以人的需求為目的，規劃目的與台灣應用於生態城市上相似，但因國家地形、氣候及環境不同，做法上有所不同。

• 日本

日本於河川整治採用近自然工法，如水制工、多落差工及樹木保護工等，材料來源以就地取材，不利用機械工具以人力完成，以人的需求為規劃目的，而以不破壞生態為輔。然日本因地理環境與台灣較相似，因此日本生態工程之做法較適用台灣。

• 荷蘭

在道路建設以生態系統為主要考量，以最適當方式完成生態道路。做法方式適用於台灣，但因台灣地理環境，亦常發生自然環境災害，在安全性方面應更加注意。

• 中國大陸

大陸目前實行生態工程是以在不危及生態平衡的前提下，利用生態系或生態資源，以供人類所需為規劃目的。

• 台灣

台灣以復育、修復及改善方法達到人類需求為目的。因地理環境關係，台灣做法與日本相似。

基於上述研究文獻參考，發現目前國內相關單位、研究機構及學術單位，並未針對國家公園生態設施工程之各執行期間建立完善且詳細之規範予以參考，故本研究旨在研擬一套完整高山型國家公園興建設施工程執行時之生態工法之規範，以提供相關人員於生態工程施作期間之參考，且研究成果可供相關單位於執行相同屬性之設施工程時有正確可循之依據與基礎。

四、 研究方法

本研究計畫是以設施工程及生態工法之相關理論進行探討，針對高山型國家公園做實證研究分析，以藉由建立生態工法之規範運用於設施工程之中。本研究計畫擬以文獻回顧與相關研究分析、案例分析、專家驗證三面進行研究探討，其說明如下：

一、文獻回顧與相關研究分析

首先蒐集國家公園設施工程與生態工法之相關議題、國內外有關生態工法之規範與法令制度，以及掌握研擬規範之內容，進行彙整作為建立研究方向及架構，並以國家公園設施工程與生態環境共生之觀點，探討其對週邊生態環境之影響，釐清研究課題之內容與學理依據，以利研究之進行。

二、案例分析

針對國內國家公園之案列進行分析與探討，依照各種不同設施物之類型，分析各種設施工程施工之工法與生態工法應用之可行性，以及匯整常用之生態工法；並針對各種設施工程擬定想關之檢核表，以及瞭解當前設施工程推動過程中之決策機制、運作模式與問題癥結所在；從不同角度及立場，瞭解其相關規範應用可能受到之限制，作為研擬適宜台灣地區國家公園設施工程規範訂定之依據。

三、專家驗證

透過學者、相關業務主辦人員及實際工地的現地，進行訪談。實際工地的訪談，以期能釐清國家公園設施工程與生態工法應用之實際狀況，並比對在當前設施工程推動過程中之各階段決策機制、運作模式與問題癥結所在，並以數位相機定點拍照存查，以作為其間之差異性比對；並以學者及相關業務主辦人員之經驗，以作為驗證研究所研擬之規範。

五、 結果與討論

國家公園之設施可分為管理服務設施、住宿設施、公共服務設施、交通設施、景觀休憩設施、解說設施、急難救助設施、災害防治設施、環境保護設施、環境美化設施與遊憩設施等類型。由於週休二日之實施，大量遊客湧入國家公園，造成國家公園設施設備過量負荷，為滿足遊客的需求並考量生態環境保育，國家公園內相關設施之規劃設計與興建須有整體考量，並遵守相關的設計規範與準則。依國家公園法第十二條規定國家公園之土地使用分區劃分成生態保育區、特別景觀區、史蹟保存區、遊憩區與一般管制區等五種分區，各分區容許興建設施之項目與內容歸納整理如下表所示。

設施項目		分區	原始地區	半原始地區	一般自然區	低密度開發區	一般開發區
管理服務設施	管理中心					●	●
	遊客中心					●	●
	警察隊辦公室				●	●	●
	遊艇碼頭				●	●	●
	郵電中心				●	●	●
住宿設施	旅館、民宿				●	●	●
	員工宿舍			●	●	●	●
	露營設施				●	●	●
公共服務設施	廁所				●	●	●
	垃圾處理設施				●	●	●
	照明					●	●
交通設施	車道				●	●	●
	停車場				●	●	●
	自行車道				●	●	●
	步道	●	●		●	●	●
景觀休憩設施	休憩桌椅				●	●	●
	景觀台			●	●	●	●
	溫泉設施				●	●	●
解說設施	解說牌	●	●	●	●	●	●
	管理標誌	●	●	●	●	●	●
	解說站、中心					●	●
急難救助設施	直升機停機坪			●	●	●	●
	避難山屋	●	●				
	通訊設施				●	●	●
	救生設施			◎	●	●	●
災害防治設施	防火設施	●	●	●	●	●	●
環境保護設施	RC 擋土牆			◎	◎	●	●
	植生護坡			●	●	●	●
	排水設施			●	●	●	●
	生態保育設施	●	●	●	●	●	●
環境美化設施	整地				●	●	●
	植栽			●	●	●	●
遊憩設施	體健設施					●	●
	野餐設施					●	●
	戲水設施					●	●

各使用分區開發與設施設置規範與要求說明如下：

一、生態保護區：

- | 以最低限度開發，除必要之步道路徑、簡易必要之安全防護、擋土、排水等設施，其餘開發建設不宜導入。
- | 設施以最簡易方式設計施工。
- | 只允許小規模人工整地，且須現地土方平衡。
- | 設施材質、顏色應與現地環境一致。
- | 重要之生物棲地應嚴格限制開發，同時路徑施作應對環境擾動減至最低。
- | 使用環保、無毒害之材料。
- | 重要天際線、焦點景觀軸線與景觀視域範圍內應避免興建人工設施。
- | 區內必要設施應經視覺模擬評估後方可興建。

二、遊憩區

- | 設施興建不得大規模改變地貌。
- | 設施以最簡易方式設計施工。
- | 設施形式、材質、色彩須配合現地環境條件。
- | 需考量耐候特性。
- | 高山地區運補、維護不易，設施設計應考量耐久性與低維護成本。
- | 設施興建不得破壞自然資源。

三、一般管制區

- | 依據「國家公園建築物設計規範」要求。
- | 設施之設計需能反映當地特色。

以下針對交通設施、景觀休憩設施及解說設施等三種設施工程之規畫設計原則作說明：

一、交通設施

- | 選線時應避免穿越地質不穩定處。
- | 選線時應配合地形地勢，沿等高線規劃配置。
- | 選線時應避免穿越景觀資源脆弱處。
- | 應針對動物遷移路徑設置防護蘭或遷徙走廊。
- | 儘量利用原有道路，避免新闢道路。
- | 道路規劃設計以最少開發、挖填為原則。
- | 應考量未來施工、管理維護之難易。
- | 鋪面材料應使用透水性材質為優先。
- | 材質選用以現地材料或當地慣用材料為最佳。
- | 材質顏色、質感應與當地環境配合。
- | 材料選用應考量耐久性、經濟性、氣候因素及後續的維護管理。
- | 道、路旁排水溝以自然草溝或砌石溝之形式為宜。

- | 護欄設計應避免阻隔生物穿越與遷徙。
- | 保留現地喬木與植栽。
- | 植栽考慮以引導性及遮陰性植栽為主，但應避免遮擋視線。
- | 植栽應考量原生樹種。
- | 避免使用過度照明設施。
- | 可使用與昆蟲感光頻率不同的高壓納氣燈，以避免趨光性昆蟲聚集。
- | 可考慮採用太陽能、風力等發電之照明設施。

二、景觀休憩設施

- | 應避免設於生物主要棲息地與生態環境敏感區。
- | 應避免破壞地形地貌，原有植栽應與保存。
- | 應避免設置於地質結構不良處。
- | 避免設於風口處，造成潛在危險。
- | 型式選擇應避免干擾生物活動，例如高架式平台。
- | 造型宜簡單，以不突出於環境為主。
- | 材質選用以現地材料或當地慣用材料為最佳。
- | 材質顏色、質感應與當地環境配合。
- | 休憩座椅應配合地區質感以現地倒木、落石施作。
- | 材料選用應考量耐久性、經濟性、氣候因素及後續的維護管理。
- | 儘量以環境中低調、不顯著之顏色施作。

三、解說設施

- | 材質、形式與尺寸應力求系統化，避免不必要之差異性。
- | 盡量與欄杆扶手、圍籬共構，降低量體與材質複雜性。
- | 減量設計的原則。
- | 應考量環境特性並與週邊環境景觀融合。
- | 位置已距觀賞者 60~120 公分最適宜。
- | 牌誌與水平成 30 度或 45 度設置，為最舒適之閱讀角度。
- | 內容設計應清楚、正確、簡單、有趣，彩圖文搭配型式。
- | 面板材質之選用應能長期保持清晰與完整性，易於維護。
- | 應使用環保材料。

除了規劃設計的原則與規範外，設施工程的施工規範更是重要，然而現行的工程施工規範大多只要求工程之品質，並未提及有關生態環境的保護。以道路工程為例，依據營建署道路工程施工規範（93 年 9 月），內容分為施工設施與臨時管制、臨時擋土支撐、土方工作、借土、棄土、基地與路堤、路基整理、砌排石工等三十項。以土方工作為例，規範中說明土方工程中開挖土石方及填方之材料、設備、施工及檢驗等相關規定。內容包含相關準則、資料送審、材料、施工準備工作、施工方法等項目，分析其內容發現現行之施工規範僅就工程品質、材料要求與施工程序進行規範，並未考量生態工法的基本精神與作法。因此建議在

工程施工規範中加入生態工法部分，考慮生態環境保護，降低工程施作對生態環境之衝擊，建議施工階段的準則與規範內容重點如下：

- | 施工中應有生態保育相關專業人員參與。
- | 確實落實工程施工地區之生態環境調查。
- | 現地之植栽應儘量與以保留。
- | 清除挖掘作業產生之自然資材如石塊、木料、表土與多餘土方，應加以分類分地儲存，避免破壞現地環境生態並考量材料之再生利用。
- | 借棄土應以最小地表擾動為原則。
- | 施工道路經生態敏感區應考量施工方法與材料運送方式與路線。
- | 儘量以小型機具或人工方式施工，避免大型機具進入，破壞環境生態。
- | 施工中之污水排放應避免污染環境生態。
- | 土方作業應避免於生物繁殖或遷徙季節施作。
- | 施工機具之噪音應予控制與降低，避免影響昆蟲、動物之生態環境。
- | 應盡量避免於夜間施工。
- | 施工範圍應遠離生態保育區。
- | 高山地區施工時應考量強風與風向，避免施工粉塵污染生態環境。
- | 林木砍伐應避免於生物繁殖或遷徙季節施作。
- | 工區應與隔離，避免干擾非工區之環境。
- | 工區周圍之樹木應以保護設施如麻布袋或麻繩與以保護。
- | 林木根部禁止堆放施工機具與材料。
- | 施工排水應避免影響周邊水道與溼地生態。
- | 夜間施工照明方式與設備應避免干擾夜行性生物活動。
- | 工區廢棄物應妥善處理，避免野生動物誤食。

除了上述之施工規範與應注意之事項外，對於無法避免之環境破壞行為應提出減輕環境衝擊與補償對策，如此才能真正落實生態工法之精神，使國家公園中設施工程之興建不會對環境生態造成無可彌補的破壞。

六、 參考文獻

- [1] 鄭奕孟、林永發，「人工生態池之設計、施工與監測」，造園季刊，第50期，第43-52頁，2004年3月。
- [2] 鄭奕孟、林永發，「國家公園聯外道路應用生態工法之個案經驗」，建築與規劃學報，第5卷，第一期，第49-68頁，2004年3月。
- [3] 鄭奕孟、林永發，「生態工法應用於國家公園之研究」，國家公園學報，2003年11月11日。
- [4] 鄭奕孟，「雪霸國家公園生態工法執行模式之建立—以雪見地區為例—」，內

- 政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告，2003。
- [5] 鄭奕孟，「雪霸國家公園生態工法模式之建立（二）」，內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告，2004。
- [6] 陳國帝，「高山公廁生態工法與水源維護方式之研究」，財團法人工業技術研究院，2002年11月。
- [7] 李盛全，「園區生態工法案例介紹」，陽明山國家公園簡訊61期出，2003年12月。
- [8] 行政院公共工程委員會，「生態工法案例編選集」，2004。
- [9] 鄭奕孟，「生態工法於國家公園工程設施興建之應用」，國家公園保育成果與經營管理研討會論文集，P88-P89，2003。
- [10] 鄭奕孟、張盈慧，「生態工法執行流程之芻議」，現代營建，第286期，營建廣場，P65-P72，2003。
- [11] 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年6月。
- [12] 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。
- [13] 內政部營建署雪霸國家公園管理處九十一年度研究報告，「生態工法應用於國家公園之研究」，中華大學營建研究中心，2002。
- [14] 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。
- [15] 陳秋揚，「生態工程與自然工法」，中國文化大學環境設計學院，2001年。
- [16] 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。
- [17] 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工程暨環境所，2001。
- [18] 內政部營建署雪霸國家公園管理處九十一年度研究報告，「生態工法應用於國家公園之研究」，中華大學營建研究中心，2002。
- [19] 林金德、黃于坡、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。
- [20] 鄭奕孟、林永發、張盈慧、紀慧禎，「生態工法應於國家公園工程設施之分析」，第一屆自然生態工法理論與實務研討會。
- [21] 郭清江，「生態工法與永續發展－生態工法案例編選集」，行政院公共工程委員會，2004。
- [22] 紀慧禎，「國家公園設施工程應用生態工法之初步研究」，中華大學營建管理研究所，碩士論文，新竹，2004。
- [23] 楊天護，「生態工法考量因子之研究」，國立高雄第一科技大學營建工程所，碩士論文，高雄，2002。
- [24] 常正之，「生態工法再河溪岸坡穩定之應用與分析」，國立成功大學土木工程學系，碩士論文，台南，2003。

- [25] 廖伊婷，「道路工程生態維護管理對策之研究」，雲林科技大學營建工程系碩士班，碩士論文，雲林，2003。
- [26] 龔清志，「台灣生態工法評核機制建構之初探」，國立成功大學建築系，碩士論文，台南，2003。
- [27] 林武淮，「生態工法於河床穩定及河岸保護之技術」，逢甲大學土木及水利工程所，碩士論文，台中，2001。
- [28] 邱銘源，「國道建設應用生態工法準則之研究」，國立臺灣大學園藝學研究所，碩士論文，台北，2001。
- [29] 蔡慧萍，「自然資源保育施作規範之探討」，國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所，碩士論文，台北，2004。
- [30] 林又青，「生態工法於坡趾穩定之初步分析及應用」，國立臺灣大學土木工程學研究所，碩士論文，台北，2003。
- [31] Mitsch, W. J., S. E. Jorgensn, 1989. Ecological engineering : An introduction to Ecotechnology, Wiley, New York.
- [32] Mitsch, W. J, 1995. Restoration of our lakes and rivers with wetlands-an important application of ecological engineering, Water Science Technology 31(8).
- [33] Mitsch W. J, 1996. Ecological engineering : a new paradigm for engineers and ecologists, National Academy Press, Washington, D.C.
- [34] Mitsch W. J, 1998. Ecological engineering – the 7 –year itch. Ecological Engineering, 10.
- [35] Odum. H. T., 1971, Environment, power, and society. New York:Wiley- Interscience.
- [36] Odum. H. T., 1983. System Ecology : An Introduction. Wiley, New York.
- [37] Odum. H. T., 1989. Ecological Engineering and self-organization. In Mitsch, W. J., S. E. Jorgensn, eds. Ecological engineering : An introduction to Ecotechnology, Wiley, New York.
- [38] Herricks, E. E. 2000. An ecological design paradigm for watershed management. Proceedings of the International Workshop on Watershed Management in the 21st Century, Taipei, Taiwan.
- [39] 林鎮洋、邱逸文，「總論及各國經驗」，生態工法－理論與實務研討會，經濟部水資源局，2000。
- [40] 林鎮洋、鍾詩明，「歐洲生態工法經驗與展望」，2001近自然工法研討會，2001。
- [41] 謝政道，「集水區親水及生態工法設計規範手冊之研擬」，生態工法－理論與實務經濟部水資源研討會局，2000。

- [42] 林信輝，「台灣自然生態工法應用現況與發展」，2001近自然工法研討會，2001。
- [43] 蔡仁惠，「生態環境規劃與生態工法」，2002生態工法研討會，2002。
- [44] 「水與綠的對話」呼籲從生態角度思考台灣的水資源管理政策。
- [45] 陳有祺，「溼地生態工法」，水域生態講習會，新竹中華大學，2001。
- [46] 蔡仁惠，「淺談綠建築與綠營建」，綠營建工程研討會，2002。
- [47] 吳文雄、黃桂珠，「生態設計在國家公園環境工程之應用－2」，內政部營建署玉山國家公園管理處，2000年。