

國立交通大學

工學院工程技術與管理學程

碩士論文

生態工法應用於登山步道評估之研究
-以司馬庫斯步道為例

A Evaluation Study on Application of Ecological Engineering in the
Mountaineering Footpath—Smangus Trail as an Example

研究生：張震賢

指導教授：郭一羽博士

中華民國一百年七月

生態工法應用於登山步道評估之研究

-以司馬庫斯步道為例

A Evaluation Study on Application of Ecological Engineering in the
Mountaineering Footpath—Smangus Trail as an Example

研 究 生：張震賢

Student : Johnson Chang

指 導 教 授：郭一羽 博士

Advisor : Dr. Yi-Yu Kuo



Submitted to Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in

Engineering Technology and Management

July 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 一 百 年 七 月

生態工法應用於登山步道評估之研究-以司馬庫斯步道為例

研究生：張震賢

指導教授：郭一羽 博士

國立交通大學工學院工程技術與管理學程

中文摘要

近年來登山活動已成為國人重要之休閒活動之一，登山步道系統通常位於山區內，其設施引領人類進入自然環境進行生態體驗，由於旅遊人數之倍增；登山步道之過度開發，但便利之同時也相對的對生態環境造成影響及衝擊，隨著世界人類對生態保育觀點之重視，政府正積極推廣生態工法之應用，希望在建設與生態之中取得平衡點。

為評估生態工法應用於登山步道之績效及工程相關考量，本研究廣泛整理相關文獻資料與研究報告，評估生態工法之原則、考量要點及設計規範等，彙整出應用生態工法之相關準則評估因素後，利用問卷調查方式，歸納整理並運用層級分析法建立評估構面及相關準則，再以專家問卷調查方式，透過相關領域但不同背景之專家學者觀點，計算出各項評估準則之權重值，作為後續績效評估之依據。

本研究擇定新竹縣尖石鄉司馬庫斯山區，由泰雅族部落族人自行管理維護之山區步道為實例，作為績效評估之驗證區域，利用所建立之層級分析法架構，有效地評估生態工法應用於步道工程之績效，並作為爾後步道設計；設計者及管理維護者檢討改善之參考原則。

關鍵字：生態工法、登山步道、層級分析法

A Evaluation Study on Application of Ecological Engineering in the Mountaineering Footpath—Smangus Trail as an Example

Institute of Engineering Technology and Management College of Engineering
National Chiao Tung University

Student : Johnson Chang

Advisor : Dr. Yi-Yu Kuo

ABSTRACT

The mountaineering activity is being a kind of mainly recreation in recent year trails are one of the most important transportation facilities, as well as a major part of the characteristic tourism route to guide the people who want to reach the experience of ecology in natural environment. but a convenient caused a large influence and strike about ecological environment due to overexploitation of the mountaineering footpath based on the number of traveler when people of the world start to pay attention of the ecological environmental protection gradually meanwhile the government is popularizing the application of the ecological engineering hopefully to reach the equalization point between construction and ecological environment.

In order to find out the consideration of the influence of the application to the ecological engineering on the mountaineering footpath this research collected literature data and research theory report in the past to obtain the principle of design specification and point view of ecological engineering method after classify the major criteria by Analytic Hierarchy Process(AHP) together with questionnaire survey from different background expert, to figure out the weight of every criteria and objectives, which belong to the former hierarchy structure,

This study was took sample of Smangus trails be managed by Atayal tribe resident located at Hsinchu county Jianshih rural area the final evaluate performance index of installation among trails engineering facilities with analytic hierarchy process (AHP) according to the hierarchy structure data probably if there were any relative design or maintenance and improvement further reference study in the future as well.

Keywords : Ecological Engineering, Mountaineering Footpath, AHP

誌謝

本論文得以順利完成，最先感謝恩師郭一羽博士，於論文寫作初稿期間耐心指導斧正，惟因個人長期派駐境外關係，無法即時完成學業，於休學期間；郭老師仍不忘經常跨海叮嚀畢業論文口試期限，使不致荒廢學業，特別感謝老師不斷的督促與悉心教誨，使本論文得以付諸實現。

特此致謝，中華大學李麗雪老師與朱達仁老師兩位教授，特別犧牲假期擔任論文內審與畢業口試委員，並於口試期間不吝指正，無私地提供學術精闢寶貴意見，促使本論文能更趨完善。

再感謝曾經與我共事過的長官及同儕們，對於研究所在學期間造成各位工作上的不便，給予我的體恤與諒解，謝謝你們。同時，感謝我的同窗摯友宏聲在我學習瓶頸時鼎力相助與激勵我，及楊轟嬪建築師；協助統計問卷調查資料和文書整編，以及所有協助參與問卷調查的長官與朋友們如果沒有你們的幫忙，本論文將無法如期完成。

更要感謝我的老婆美慧，對於家庭的照料與至呈教育的付出，使我無後顧之憂，並在學業上一路的支持與鼓勵，時刻不忘敦促我畢業論文的完成期限，最後 謹將我的畢業論文獻給遠在天國的雙親，以及謝謝所有幫助我的人；感恩。

張震賢 謹致

2011- July

目錄

中文摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1
1-1 研究動機.....	1
1-2 研究目的.....	2
1-3 研究內容及方法.....	2
1.3.1 研究內容.....	2
1.3.2 研究方法.....	3
1-4 研究流程及架構.....	4
1.4.1 研究流程.....	4
1.4.2 研究架構.....	5
第二章 文獻回顧.....	6
2-1 生態工法相關理論.....	6
2-1-1 國內生態工法之定義與發展.....	6
2-1-2 國外生態工法之定義與發展.....	8
2-1-3 生態工法之基本精神、原則與考量.....	12
2-2 層級分析法相關理論.....	14
2-2-1 層級分析之理論介紹.....	14
2-2-2 層級分析之理論假設.....	15
2-2-3 層級分析法之優點.....	19
2-2-4 層級分析之步驟流程.....	19
2-3 生態工法應用於步道系統之考量.....	22
2-3-1 步道系統分類.....	22
2-3-2 生態工法應用於登山步道考量.....	29
2-3-3 國內外生態工法步道之案例探討.....	33
第三章 生態工法應用於步道評估之要素.....	38
3-1 步道工程整體生命週期.....	38
3-2 步道路線的選擇考量.....	43
3-2-1 步道路線選擇原則.....	43
3-2-2 步道路線的典型設計模式.....	44
3-3 步道主體設施結構選擇考量.....	46
3-3-1 步道基床處理.....	46

3-3-2 步道鋪面選擇	48
3-3-3 特殊路段處理	49
3-4 步道附屬設施選擇考量	51
第四章 層級分析法架構及權重	54
4-1 評估準則訂定及架構之訂定	54
4-1-1 第一階段問卷調查	54
4-1-2 評估準則訂定	55
4-1-3 評估架構訂定	56
4-2 構面及評估準則說明	57
4-3 評估準則之權重計算	61
4-3-1 第二階段問卷調查	61
4-3-2 評估準則權重計算	62
4-3-3 問卷調查結果分析	65
第五章 案例分析與探討	66
5-1 司馬庫斯部落介紹	66
5-1-1 歷史及由來	66
5-1-2 地理位置	67
5-1-3 自然環境	68
5-2 司馬庫斯步道	68
5-2-1 歷史及由來	68
5-2-2 地理位置	69
5-2-3 周邊景點介紹	69
5-3 司馬庫斯步道設施現況說明	71
5-3-1 步道維護管理	71
5-3-2 步道線型	72
5-3-3 步道主體設施	72
5-3-4 步道附屬設施	76
5-4 綜合績效評估及結果	78
第六章 結論與建議	81
6-1 結論	81
6-2 建議	83
參考文獻	85
附錄一	90
附錄二	91
附錄三	94

表目錄

表 2-1 國內生態工法發展大事記及沿革進程.....	8
表 2-2 國外生態工法發展大事記及沿革進程.....	11
表 2-3 AHP評估尺度表.....	18
表 2-4 評估指數之隨機指標表.....	22
表 2-5 國家步道類型說明表.....	24
表 2-6 各種步道規劃設計一般要求.....	26
表 3-1 步道基床處理方法.....	47
表 4-1 生態工法考量項目表.....	54
表 4-2 生態工法評估準則項目表.....	55
表 4-3 評估參考準則彙整表.....	61
表 4-4 問卷資料彙整表.....	62
表 4-5 評估準則權重表.....	63
表 5-1 司馬庫斯步道績效評估計算表.....	80



圖目錄

圖 1-1 研究流程圖.....	4
圖 2-1 AHP完整關係法層級結構圖.....	17
圖 2-2 步道現狀生態工法評估階段執行流程圖.....	32
圖 2-3 屋久島山丘內的巨石臺階.....	34
圖 2-4 北海道大雪山國立公園愛山溪圓木階梯.....	34
圖 2-5 德島縣國定公園劍山三合土風化岩石的根基部處理整修前後.....	35
圖 2-6 司馬庫斯登山步道透水性能良好的風化頁岩石板鋪面.....	36
圖 2-7 鯉魚山改造泥濘步道的木棧道.....	36
圖 2-8 回收材料製作的塑膠木面板—日月潭土亭仔步道.....	37
圖 2-9 能高越嶺步道崩塌地質整修前後.....	37
圖 3-1 沿山體等高線環形線路.....	45
圖 3-2 沿溪谷合水線.....	46
圖 3-3 生態工法步道之鋪面案例.....	48
圖 3-4 生態工法步道之特殊路段處理.....	50
圖 3-5 步道附屬設施.....	53
圖 4-1 層級分析架構圖-生態工法評估準則.....	56
圖 4-2 分析結果圖.....	64
圖 5-1 司馬庫斯位置圖.....	67
圖 5-2 司馬庫斯步道位置圖.....	69
圖 5-3 司馬庫斯巨木.....	70
圖 5-4 鴛鴦湖遙測影像.....	71
圖 5-5 司馬庫斯步道路線圖.....	72
圖 5-6 司馬庫斯步道鋪面材料照片.....	73
圖 5-7 司馬庫斯步道跨越結構物照片.....	74
圖 5-8 司馬庫斯步道路基、邊坡防護照片.....	75
圖 5-9 司馬庫斯步道解說設施照片.....	76
圖 5-10 司馬庫斯步道生活休憩設施照片.....	77

第一章 緒論

1-1 研究動機

近年來政府積極推廣生態旅遊，倡導國民進入生態保育區或較未開發之原始區域進行自然體驗，其中步道工程之興建是生態旅遊中最重要之基礎建設，將人類的足跡直接引導進入山區自然環境之中，隨著台灣地區觀光及旅遊人口之增加，步道系統之開發為民眾帶來了近距離接近自然生態之機會，但相對的也對自然環境造成了衝擊及影響，包含自然地形、地貌之改變及生物棲息地變動等等。

過去登山步道系統開發大多是著重於遊覽功能及安全效益為主，未考量到與自然生態之搭配，也因為自然生態之平衡破壞，導致土石流失、山崩或生物滅絕等不可逆之災難，現在全球社會正面臨溫暖化效應、聖嬰現象等等氣候之重大改變，環境保護及生態保育之議題漸漸被重視，政府在進行相關開發建設前，除了建設工程外，更進一步探討對生態環境的影響，選擇對環境衝擊較低之生態工法來施作，生態工法正廣泛被運用在國家公園、林務局、風景區及縣市政府之各項建設工程。

在大自然生態體驗中，步道為主要動線系統，串聯生態中之各個區域，影響範圍深且廣，對生態的衝擊相較於其他設施為高，倘步道系統能真正應用生態工法，對環境的影響勢必能夠降低，故如何設計一條符合生態工法之步道系統及評估關鍵，為重要之課題。一個符合生態工法之登山步道，能提供旅客安全、舒適及健康之休閒環境，並能保全自然景觀，在建設與自然間達到調和之目標。

1-2 研究目的

為了提供國人近距離進行生態體驗，政府在自然區域設置有許多登山步道及國家步道等，在步道規劃及建置上，考量兼顧生態環境的平衡發展，多採用生態工法進行設計，現今大量工程採用生態工法之概念進行，但對登山步道並未有一套完整之評估方式來確定符合生態工法之程度及要件，因此本研究透過相關文獻資料收集、專家問卷調查及層級分析法等方式，建構一套以生態工法觀點評估登山步道之模式，本研究目的歸納如下：

- 一、 以生態工法觀點評估登山步道之構面及評估準則。
- 二、 建立以生態工法評估登山步道之架構與相對權重。
- 三、 透過實例驗證方式，對既有步道進行評估，提供建議及作為改善步道設計考量。

1-3 研究內容及方法

1.3.1 研究內容

本研究希望藉由生態工法對登山步道做評估及分析，協助登山步道之規劃及整建達到完備，同時生態環境得以保全為基礎，達成健康休閒與環境永續發展、生物多樣性續存，於生態與休閒上尋求合理的平衡之長期目標，提出臺灣山區登山步道評估與自然生態環境的操作方式，再以司馬庫斯登山步道為實證對象。本研究包含下列內容：

- 一、 彙整及分析國內外步道工程採用生態工法之相關學理、實務操作及實例。
- 二、 以專家問卷；利用層級分析法，評估生態工法應用於登山步道之層級構面、準則擬定。

- 三、以司馬庫斯步道為實務案例，套用本研究所建立之評估模式，給予評分，探討該步道之優劣點及績效值，作為後續整建維護或其他案例之參考。

1.3.2 研究方法

本研究以生態工法觀點，分析臺灣地區步道狀態與自然生態環境之配合方法與考量程式，作為登山步道評估之參考依據或準則。研究方法如下：

- 一、文獻回顧法：藉由國內外過去之研究報告、期刊、論文、網站、研討會等相關文獻綜合整理，針對生態工法之定義、發展、理念及步道系統分類等加以分析比較，了解生態工法應用在登山步道之狀況。
- 二、專家問卷調查法：本法分為二階段：第一階段針對生態工法對登山步道狀況之參考準則擬定評估要素因子；第二階段針對生態工法對登山步道狀況之權重，透過專家問卷可了解不同背景受訪者所重視之生態工法概念。
- 三、層級分析法(AHP)：利用層級分析法針對專家問卷調查之結果，求取權重並分析排列，作為生態工法應用於登山步道之評估準則，使決策者能有一參考依據。
- 四、案例分析法：以司馬庫斯步道做為本研究案例實證，將本研究分析之評估架構套入驗證，評估該步道生態工法觀點之績效值。

1-4 研究流程及架構

1.4.1 研究流程

本研究流程如下圖所示：

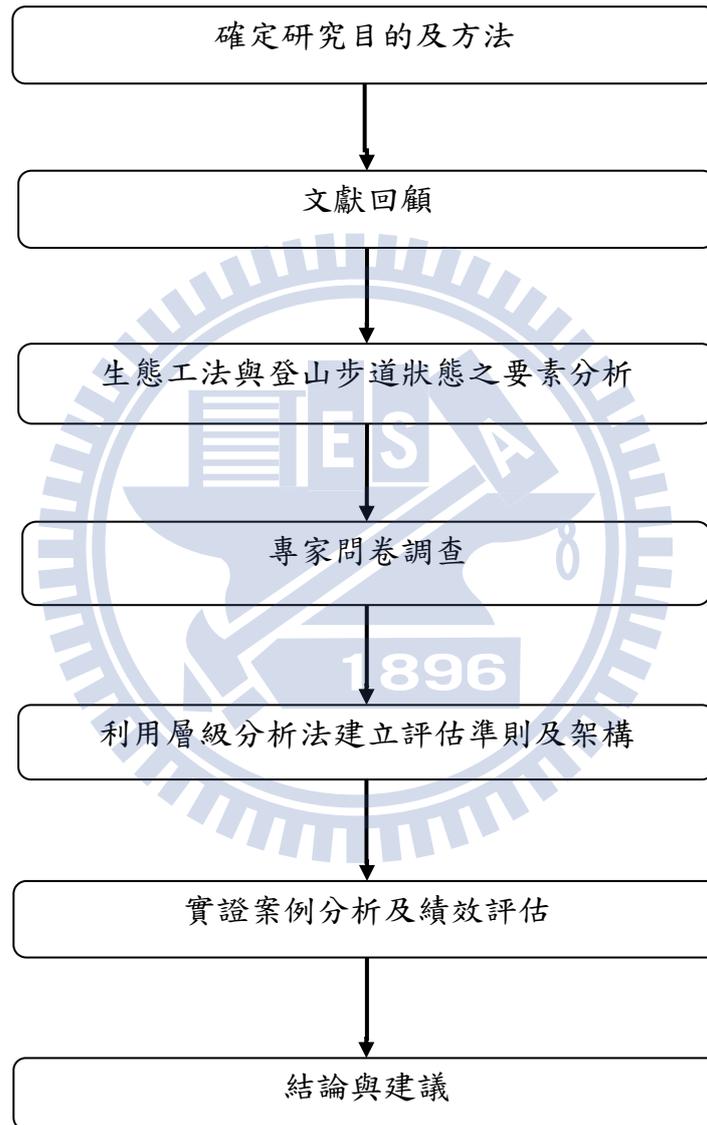


圖 1-1 研究流程圖〔資料來源：本研究整理〕

1.4.2 研究架構

本研究共分為六章，各章節內容如下：

第一章 緒論

說明本研究之動機、目的、內容、方法、流程及架構。

第二章 文獻回顧

透過本章了解國內外對生態工法之定義與基本概念、層級分析法之理論及步道系統，做資料之收集與彙整。

第三章 生態工法與登山步道狀況評估要素分析

彙整相關文獻回顧資料，探討生態工法應用於登山步道狀況之要素及內容。

第四章 生態工法於登山步道狀況評估準則及權重之建立

相關評估要素，透過對相關領域專業學者及承包商之問卷調查，運用層級分析法來建立評估準則及權重，做為日後評估架構及基準。

第五章 案例分析

以一實際案例進行評估，了解該步道應用生態工法之績效值，藉以進行改善及經驗分享。

第六章 結論與建議

結論本研究之初步結果，並提供建議供後續研究之參考。

第二章 文獻回顧

本研究主題為「生態工法應用於登山步道績效評估之研究」，故本章將彙整國內外有關生態工法定義及發展、層級分析法之理論及步道等相關資料，來輔助後續研究之進行。

2-1 生態工法相關理論

2-1-1 國內生態工法之定義與發展

國內生態工程於 1977 年開始提出，但是在 1998 年才開始提倡引進生態工法，並在 2000 年大規模運用在 921 重建區之土石流及崩塌地整治。近幾年許多專家學者以其體驗及認知為生態工法加以定義，以期在生態工法推展時能夠先行建立共通之價值理念，進而助益於生態工法之溝通與落實。

- 一、 行政院公共工程委員會在 2002 年召開之「生態工法諮詢小組」會議，各委員曾就生態工法之定義提出以下建議：
 - (一) 人類基於對生態系統之深切認知，運用科技之經營方法，以期減少對自然環境造成傷害。
 - (二) 以環境生態為基礎、安全穩定為考量、永續經營為目標，而採取近自然的工程技術或保育方法。
 - (三) 以維護生物多樣性與永續利用為目標，以安全、生態、景觀與使用者便利為導向的工程設計方法。
 - (四) 為達到工程建設與人類及自然環境之互利共生，在工程規劃、設計、施工、管理及其維護上運用符合自然生態原則之永續系統設計之工程方法。
 - (五) 以安全為基礎、生態為導向、永續為目的之進自然工法。

(六) 所謂生態工法便是「營造一個能讓花草樹木叢生、蟲魚鳥獸自然生活其間，而百姓亦能安居樂業的環境」之看不見的工程方法。

二、 2002 年 8 月 14 日行政院公共工程委員會召開「生態工法諮詢小組」會議，確認了我國官方版之生態工法定義，即「基於對生態系統深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害。」因此，針對行政院公共工程委員會所確認生態工法之定義內容，茲發現其精神如下：

- (一) 對生態系統之深切認知
- (二) 落實生物多樣性保育及永續發展
- (三) 生態與安全並重
- (四) 減輕對自然環境造成傷害

生態工法宣導生態與安全應同等重要，維護生物多樣性與永續發展為生態工法之長遠目標，強調人類與生態環境間的相互發展，必須互相尊重。大自然為人類生存提供自然生活環境，人類亦須尊重自然。生態工法將工程融入自然、自然融入工程，以期創造出永續平衡發展的環境品質，並可將人類對生態環境的傷害降至最低，生態工法已漸漸成為生態學域中，處理環境問題之新典範，生態工法之終極目標可歸納下列三項：

- (一) 復原已被人類活動具體干擾後的生態系統，例如：環境污染、氣候變遷或土地破壞等。
- (二) 發展新的、可持續維繫的生態系統，而此一新系統同時具備人文與生態之價值。
- (三) 確認生態系統對維繫生態系統之價值，進而引導人類重視保育。

國內生態工程發展初期較著重於土木、水利及水土保持工程上的應用，國內生態工法發展大事記及沿革進程如表 2-1.所示：

表 2-1 國內生態工法發展大事記及沿革進程

時間	發表者	重要意義
1977 年	行政院農業委員會水土保持局	採用天然資材為主要材料，融合周邊地形景觀，減少造成生態環境之衝擊為理念，設計、構築可供植物生存空間，創造兼具防災及生態撫育功能之工法。
2000 年	林鎮洋	以安全為基礎，生態為導向，永續為目標的近自然土木工程技術。
2001 年	蔡厚男	通過施工前細緻的生態環境調查，瞭解土地的演化過程與潛力，掌握生態群落的單元，遵循自然演替的法則，結合工程技術及生態觀念，以跨領域的整合及開放的討論，提出營造自然與人類共存、共榮之施工方法。
2002 年	鄭光炎	以安全、生態及永續經營之概念付諸實行於工程建設與自然環境之中。
2002 年	行政院公共工程委員會	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，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。
2003 年	楊天護	提出兼顧人類對環境利用之需求與自然生態之保育，裨益永續發展之營造工法

[資料來源：本研究整理自國內學者與政府機關發表之相關理論]

2-1-2 國外生態工法之定義與發展

生態工法的觀念源自於德國與瑞士，近年來各界致力於生態工法的研究、應用及推廣，且不斷被賦予不同的內涵並逐漸推廣至全球各地。

傳統土木、水利工程之概念是人類在環境中利用土木工程構造物，以提供安全為保證要素。生態工法與傳統土木、水利工程之最大差異在於其

理念是以生態系統的自我設計及調和能力為導向，並尊重環境中各生物之生存權利。因此，生態工法實為減輕工程造成之生態問題而衍生之工法，提倡重視生態系統結構與功能之維持與延續。

二十世紀下半葉經歷多次能源危機之後，人類社會開始意識到工程技術之侷限性，地球資源面臨枯竭，其開發儲量極其有限，當今社會極需之解決方案，不僅是要有效減低人類生活形成的污染排放，同時也要能達成生態環境保育之目標。因此，當前所有生態科學研究與實踐全力以赴之重點是在於設計、重建一個可以服務人類生存需要，以及在資源匱乏時代中可持續維繫的生態系統。面對此時代挑戰，「生態工程」(Ecological Engineering) 學說因運而生，且在各國廣受重視與施行，下面對世界諸國對於生態工法的看法及理念加以探討。

一、 德國、瑞士之生態工法理念

生態工法隸屬於生態工學，其觀念乃源自於德國及瑞士，最早於 1938 年由德國的 Seifert 首先提出近自然河溪整治之觀念，期望在傳統河溪整治工程之基礎上，發展出接近自然、成本低廉，同時亦能保持景觀美學之治理方案。因此，生態工法可謂生態學領域與土木工程專業結合為環境共生議題跨領域攜手合作之因應對策。生態工學應用範圍涵蓋自然界因人為干擾及人造物所造成之影響，生態工法應用範圍為人為干擾及人工構造物對環境之破壞。

二、 美國之生態工法理念

美國生態學家 H. T. Odum，1962 年在美國最早提出「生態工程」之理論觀念者，其構思理念限於生態工程，先後曾對生態工程定義如下：

(一) 以自然系統為基礎，人類可藉由少量補助能源投入之方式，進行

環境控制，且在此方法運作下，主要驅動之能源應源於自然界。

- (二) 生態工程乃是對自然界的 management，藉以輔助傳統之工程方法，並致力於人類與自然系統之協調合作。
- (三) 生態工程之內涵應為利用生態系統之自我組織功能，設計一嶄新生態系統之工程。
- (四) 生態工程是一種設計、運作經濟系統與自然界關係之技術，進而促使人類與其環境間之相互調適。

三、東歐生態工法理念

Mitsch 與 Jrgensen 於 1989 年共同編著的「生態工程」一書中，將生態工程與生態科技(Eco-technology)視為同義詞，且將生態工程定義為：「透過人類社會與自然環境之共同規劃、安排，使兩者皆能彼此獲利之設計。」在東歐地區，這兩個名詞之意義可謂完全相同，意指「基於對生態系統之深層瞭解，而利用科技方法管理生態系統，以追求運作成本及對環境傷害之極小化。」

四、日本生態工法理念

日本的學者將生態工法稱為：「應用生態工學」(Applied Ecological Engineering) 或「環境共生技術」(Environment Symbiosis Technology)。其中在日本推動生態工法的主要學術機構「應用生態工學學會」對生態工法之定義如下：

- (一) 應用的相關領域：跨學門的整合如生物學的相關領域及土木工程技術的整合與討論。
- (二) 應用生態工學研究的對象與範圍：即人造物對環境的影響及人工環境急劇變化對自然環境的影響。其範圍包括以下三個思考層次：

1. 思考人類的開發行為如何與環境共生。
2. 如何彌補因人為破壞的原生棲地。
3. 與原生棲地分離之瀕臨絕種之物種如何復育其棲地，並進行人工復育、養殖；換言之亦即緩衝區（Mitigation）的相關研究；如何將生態工法應用於國道工程建設之分析研究少（Reduce）對環境的衝擊、復原（Repair）被破壞的環境，並創造（Replace）再生的新棲地。

（三）保育對象的時間尺度（Time Scale）：如何呼應保育對象的生活史，評估其適應之成效。

（四）研究方法與對策：利用實地調查及研究假設加以驗證。

表 2-2 國外生態工法發展大事記及沿革進程

時間	發表者	重要意義
1938年	德國，Seifert A	提出近自然河溪整治觀念，指出人類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的美學成分。
1951年	德國，Kruedener	以生物工程進行溪流整治，在進行大地或水資源工程時，用於處理不穩定之坡或河岸、河床時，應用生物學知識的工程技術。
1962年	美國，H.T.Odum	提出人類對溪流治理中，可以將生態學概念運用於工程中，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。
1985年	美國，Holzmann	基於對生態平衡的深入理解，使用科技方法管理生態系統，使生態環境的危害減至最小。
1993年	歐洲，Straskraba	提出生態工法，將生態的原則轉化為生態管理。

1996年	丹麥， Copenhagen	召開生態高峰會議，將生態工法列入生態學領域。
-------	-------------------	------------------------

[資料來源：本研究整理自國外學者發表之相關理論]

2-1-3 生態工法之基本精神、原則與考量

參考林鎮洋、邱逸文（2003）「生態工法概論」之內容整理如下述。

一、生態工法之基本精神

（一）創造具豐富多樣性之環境條件

為提高生態系之穩定度與豐富度，應儘量設計不規則之空間型態，使地形保育起伏與多樣之風貌；無需統一空間中縱斷面、橫斷面之配置；周遭利地條件應朝高低不一、疏密不一、種類不一之植被組成為規劃方向，使生態恢復原有之機能。

（二）容許生態系自我消長之產生

單一化整治工法的應用剝奪了生態系自我消長之環境條件及能力，應儘量提供一定之空間及條件，使自然環境進行一定之消長，因此，豐富的环境元素是絕對必要的。

（三）避免生態系之零碎化

自然環境中原本存在景觀及生態上的連貫與延續性，不完整之七地無法滿足各物種繁衍上所需之能量，因此，在規劃設計上應兼顧人類需求與生態棲地之完整性。

二、生態工法之基本原則

生態工法強調以生態學的基礎為依歸，運用工程特有處理問題的技巧，完成生態工法的理想目標。水利工程及生態學等知識，應用於人類的生存環境中。在此思維的引導下，許多的工程建設應兼顧經濟開發與環境

保護，而採行以下三項基本原則，實現生態補償制度(mitigation)，此制度是現代環境影響評估中確立的制度，是對於人類活動的負面影響所採取的緩和及補償措施：

- (一) 迴避(avoid)：迴避是檢討開發案本身對於開發地點之需要性，或是有無其他替代地可用。
- (二) 最小化(minimize)：最小化是在開發案無以迴避時，檢討其是否縮小規模的步驟。
- (三) 補償(compensate)：補償則是開發案無可避免地破壞環境時，採取替代的措施。

因此，補償措施的實行最先採取迴避原則，如無法迴避再採行最小化策略，最後才考慮最適化的補償替代方案(林憲德，1999)。

三、生態工法之基本考量

工程過程及採取的工程措施的功能與必要性，都是應用生態工法前重要的考慮要項，規劃設計時必須全面性分析限制與需求條件，判斷哪些工法和設施是必須的，哪些是多餘的，以最經濟、最有效的整治工法達到最大之效益，其基本考量內容如下：

- (一) 安全考量
- (二) 構築物及周遭生物棲地效應考量
- (三) 施工過程中降低生態衝擊的考量
- (四) 後續生態環境管理應有的考量

2-2 層級分析法相關理論

2-2-1 層級分析之理論介紹

決策問題持續不斷產生，不僅存在於個人的日常生活當中，甚至於國家、機關與私人企業等，也都隨時得面對各類不同的決策問題。當面對的問題過於複雜或模糊時，如何能以科學之方法來進行評估並進而加以決策，為重要的課題，正確之決策可減少不必要之成本與代價之浪費。

層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）為 1971 年 Thomas L. Saaty 為美國國防部從事應變計畫問題之研究時，所發展的一套系統決策方法，主要應用在不確定（Uncertainty）情況下及具有多個評估準則之決策問題上。層級分析法的理論簡單，同時又具實用性(曾國雄、鄧振源，1989)；現已被各研究單位普遍使用且應用範圍廣泛，特別是在規劃、預測、判斷、資源分派及投資組合等應用方面都有不錯的效果。

層級分析法發展之目的，是利用層級結構將影響因素間的複雜關係有系統地連結，由專家學者或累積相當經驗之人員，透過群體討論的方式，總合多方意見，將問題由不同之層面給予層級分解，以名目尺度作要素的成對比較予以量化後，建立成對比較矩陣，進一步求得特徵向量，代表階層內要素之優先順序，然後再以特徵值，來評斷每個成對比較矩陣的一致性強弱程度。最後將相關連的階層連結起來，便可算出最低階層之要素對整個系統的優先程度，此優先程度便可提供決策者進行整體判斷，減輕決策者之負擔，使決策者的意向能夠更清楚地被反應，以獲致較合理正確之決策。

2-2-2 層級分析之理論假設

一、基本假設

AHP 方法之基本假設，主要包含下列九項（鄧振源、曾國雄，1989）

- （一）系統可被分解成許多種類（classes）或成分（components），以形成有向網路的層級結構。
- （二）每一層級的要素均假設彼此具獨立性（independence）。
- （三）每一層級中的要素可以用上一層內某些或所有要素作為評估準則，以進行評估。
- （四）進行比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度（ratio scale）。
- （五）在進行成對比較（pairwise comparison）後，可使用正倒值矩陣（positive reciprocal matrix）處理。
- （六）偏好關係滿足遞移性（transitivity），不僅彼此優劣關係須滿足，同時其強度關係也應滿足。
- （七）要求完全遞移性並不容易，因此容許非完全遞移性之存在，惟需測試其一致性（consistency）的程度。
- （八）要素的優勢程度，可經由加權法則（weighting principle）而求得。
- （九）任何要素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度是如何小，均被認為與整個評估結構有關，而並非檢核階層結構的獨立性。

二、層級與要素

（一）層級的建構與評估

利用層級來分析問題或系統，是站在最高層級來看不同層級之相互影響，而不是直接從各層級的要素來分析。故建立系統之

層級結構時，需要解決的問題有二：

1. 構建層級關係：可利用系統思維法、明示結構法、階層結構分析法、結構模型化群體法，以及 PATTERN 法等，加以去層級關係，實際應用上並無一定的構建程序。
2. 如何評估各層級要素的影響程度：可利用特徵向量法、最小平方法、幾何平均法、Churchman 法及 Scheffe 法等。

(二) 層級結構化的要點

將影響系統之要素加以分解成數個群體，每群再區分成數個次群體，如此下去便可建立全部之層級結構。在分析群組時，則應注意以下各要點：

1. 最高層級代表評估的最終目標。
2. 同層級內的要素不宜過多，最好不要超過 7 個，以免影響層級的一致性。
3. 層級內的各要素，力求具備獨立性，若有相依性 (Dependence) 存在時，可先將獨立性與相依性各自分析，再將二者合併分析。
4. 最低層級的要素即為待評估方案。

(三) 建立層級之優點

建立層級結構具有以下幾項優點：

1. 利用要素個體形成層級形式，易於達成工作。
2. 有助於描述高層級要素對低層級要素之影響程度。
3. 對整個系統之結構面與功能面，則可詳細的描述。
4. 自然系統都是以層級的方式組合而成，是一種有效的方式。
5. 層級具有穩定性 (Stability) 與彈性 (Flexibility)，也就是說微量

之改變能形成微量之影響，同時新層級的加入，對一結構良好的層級而言，並不會影響整個系統之有效性。

(四) 完整的層級結構

將複雜之系統分解及結合後，所建立之層級結構通常採用完整層級，如圖 2-1 所示：

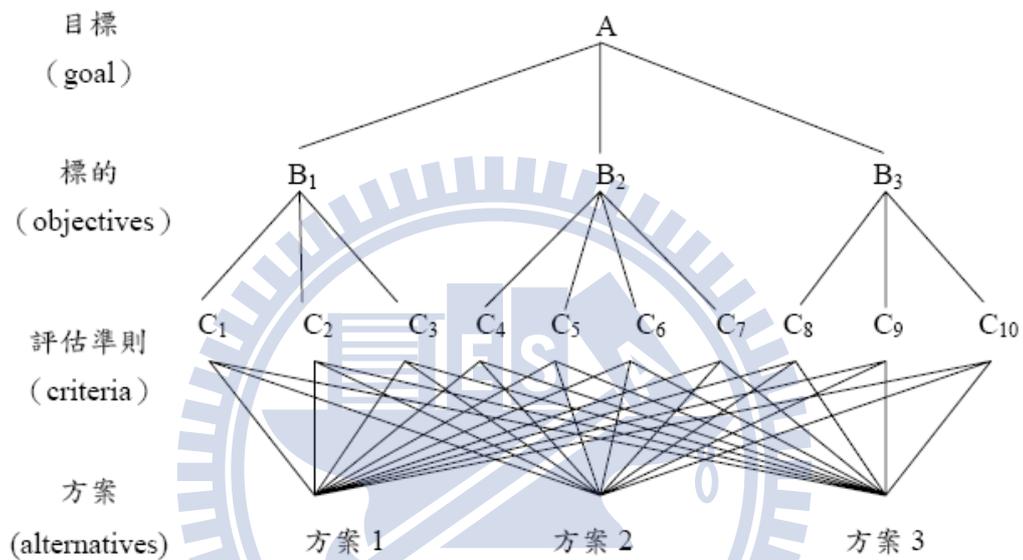


圖 2-1 AHP 完整關係法層級結構圖

(五) 評估尺度

AHP 法採用名目尺度對比評估作為每一階層各要素間之成對比較評比，評估尺度劃分為同等重要、稍重要、頗重要、極重要及絕對重要等等級，並賦予名目尺度 1、3、5、7、9 之衡量值，另有四項介於五個基本尺度之間數值，即表述同等重要到稍重要之間、稍重要到頗重要之間、頗重要到極重要之間、極重要到絕對重要之間，並賦予 2、4、6、8 的衡量值，各尺度所代表的意義如表 4.3 所述。經由評估尺度表示後，即可求得成對比較矩陣 (Pairwise Comparison Matrix) 表 4-1 給出 AHP 評估尺度表。

表 2-3 AHP 評估尺度表

評估尺度	相對的名目尺度	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩個比較方案的貢獻程度具同等重要性
3	稍重要 (Moderate Importance)	經驗與判斷稍微傾向偏好某一方案
5	頗重要 (Essential or Strong Importance)	根據經驗與判斷強烈傾向喜好某一方案
7	極重要 (Very Strong Importance)	實際上顯示非常強烈傾向喜好某一方案
9	絕對重要 (Extreme Importance)	有足夠證據確定在兩相比較下某一方案絕對重要
2, 4, 6, 8	中間程度的重要 (介於相鄰的尺度間)	需要折衷值評估時

[資料來源：The Hierarchon: A dictionary of Hierarchies. Saaty, P A-9. T.C. & Forman, E. H.(1996). Pittsburgh, Pennsylvania: Expert Choic]

(六) 群體評估的整合：

層級分析法可使用在單體及群體之決策問題上，當因素之評估為群體決策時，決策群體中成員的偏好須加以整合，當處理團體判斷時，Saaty 建議指出，任何方法在整合個人意見時都應滿足相互倒值關係之特性。而整合函數分成很多種，分別為算數平均數、幾何平均數、調和平均數與極指數平均數等等。Aczeland J. & Alsina C. 證明使用幾何平均數可滿足這個條件，所以 Saaty 在一些合理的假設下，認為以幾何平均數作為整合之函數較為適當。

2-2-3 層級分析法之優點

依據 Saaty 的說明，建立層級結構具有以下的優點：

- 一、 利用要素個體形成層級形式，易於達成工作。
- 二、 有助於描述高層級要素對低層級要素的影響程度。
- 三、 對整個系統的結構與功能面能詳細的描述。
- 四、 自然系統都是以層級的方式組合而成，而且是一種有效的方式。
- 五、 層級具有穩定性（Stability）與彈性（Flexibility），也就是說微量的改變能形成微量的影響，同時新層級的加入對一結構良好的層級而言，並不會影響整個系統的有效性。

2-2-4 層級分析之步驟流程

利用 Saaty 之 AHP 法來處理決策問題時，主要可分為以下之步驟：

■ 步驟一：問題的界定

對於問題所立足的系統應該儘量詳加瞭解分析，將可能左右結果之影響因素均納入問題中，同時要注意影響因素的相互關係與獨立關係，以避免產生偏差或偏離主題。

■ 步驟二：確認影響問題之所有要素

根據過去相關研究、相關學說理論、經驗，或透過系統思維法、德爾菲法（Delphi Method）等過程，將可能影響決策的因素全部列出，然後就所列要素依其相關及獨立程度加以區隔。

■ 步驟三：建立階層架構關係

一般階層之建立可採由上至下法進行，逐一衍生出各個層次，可由研究者依據研究的方向建立最終目標，將所有影響系統之要素分解成數個群

體，每群再區分成數個次群，依此逐級建立起完整的層級結構。而在此步驟中必須特別注意每一層級中各因素之獨立性，原則上每一層級的要素不宜超過 7 個。

■ 步驟四：建立成對比較矩陣

某一層級之要素，應以上一層級所對應的要素作為評估基準，首先須經由決策者對兩兩準則間之相對重要性進行成對比較。某一層級若決策狀況中共有 n 個準則時，則決策者必須進行 $n(n-1)/2$ 次的成對比較，成對比較所採用之數值為 $1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 8, 9$ ，將要素比較結果的衡量，放置於成對比較矩陣 A 之上三角形部份（主對角線為要素自身的比較，故均為 1），而下三角形部份之數值，為上三角形部分相對位置數值的倒數，即 $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 。然其成對比較矩陣之元素，如下所示：

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

其中： A_1, A_2, \dots, A_n 代表階層 i 的 n 個要素。

W_1, W_2, \dots, W_n 代表階層 i 的 n 個要素對上一階層某要素的影響權數。

$A_{ij} = w_i/w_j$ 代表理論上 a_{ij} 為 A_i 與 A_j 的影響權數的比值。

因為 $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ，且 $a_{ii} = 1$ ， $a_{ij} > 0$ ，所以 A 矩陣為一正倒值矩陣。

■ 步驟五：計算特徵向量及特徵值

成對比較矩陣得到後，即可求得各層級要素之權重。使用數值分析中常使用的特徵值（Eigen-value）解法，以求得各比較矩陣之最大特徵值及其對應的特徵向量（Eigen-vector）或優勢向量（Priority-vector）。

■ 步驟六：一致性的檢定

層級評估的結果要能通過一致性檢定，方能顯示填卷者之判斷前後一致，否則視為無效的問卷，若成對比較矩陣A為正倒值矩陣，要求決策者在成對比較時，能達到前後一貫性，這是相當困難的，因此需要進行一致性檢定，作成一致性指標(Consistency Index; C.I.)與一致性比率(Consistency Ratio; C.R.)，檢查決策者的回答是否具一致性。

一、 一致性指標 (Consistence Index)

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

其中，n 為評估準則個數， $\max \lambda$ 為最大特徵根。

當C.I.=0 表示前後判斷完全具一致性。

而C.I.>0 則表示前後判斷不一致。

Saaty認為C.I. \leq 0.1為可容許的偏誤。

二、 一致性比率 (Consistency Ratio; C.R.)

一致性指標大小受正倒值矩陣及名目尺度的影響，由隨機產生之正倒值矩陣的一致性指標稱為隨機指標R.I. (Random Index) 來衡量。表4.4列出階數n 及其相對應的隨機指標R.I.。

表 2-4 評估指數之隨機指標表

階數	1	2	3	4	5	6	7	8
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
階數	9	10	11	12	13	14	15	
R.I.	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58	

$$C.R = \frac{C.I}{R.I}$$

若C.R.<0.1時，則是為一致性程度達可接受的水準。

■ 步驟七：整體層級權重之計算

各層級要素間之權重計算後，再進行整體層級權重的計算，最後依每個替選方案之權重，以決定最終目標的最適替代方案。若為群體決策時，各替代方案之權重可加以整合。

2-3 生態工法應用於步道系統之考量

2-3-1 步道系統分類

登山步道系統多位於山區內，由於其所處位置大多位於原始生態區域內，其定義、遴選方式、建設考量等內容皆強調生態環境與自然體驗，雖未強調必須應用生態工法，但規劃設計儉樸化的建置原則、步道建設之環境生態考量、因地制宜的步道設計考量等，卻都符合生態工法之基本原則。本節針對國家步道系統及一般步道之類型、步道設計規範等進行說明。

■ 國家步道系統：

國家步道系統規劃及建置之觀點，針對步道周邊環境資源敏感性，考量步道建設與環境容受力關係，界定全段主要整建目標及原則，由資源特性、利用強度及設施整建等方向，將步道概分為三類定位（國家步道系統

設計規範，2003)

一、 第一類步道

第一類步道定位為「鄰近聚落或遊憩區，符合大眾健行及賞景需求、可及性高，且安全便利的一般性步道」；第一類步道以一般大眾為使用物件，為國家步道優先整理建置之選擇類型，風景區或遊憩景點區域內步道線路規劃應有明顯路徑，儘量降低地形困難度，以符合大眾旅遊需求。在整建及管理方面選擇「中強度」設計原則（部份路段容許使用「較高強度」設計原則），在不破壞景觀及生態環境下，應當提供安全、解說等要求較高之服務設施。

二、 第二類步道

第二類步道定位為「深入山林自然度較高地區，滿足自然體驗及生態學習需求，深入山林自然度較高地區，滿足自然體驗及生態學習需求旅程較長步道，攀登者須配有基本登山裝備」。其主要應用於具有自然、人文資源特色區域如國家公園、國家風景區、森林遊樂區之生態旅遊步道建設的推薦的優選線性。

在整建及管理原則方面配合步道環境及使用狀況，採「中低強度」設計原則，現有山區古道修整或重建時，其設施及路線選擇應儘量依循原有路線，大致維持環境原貌，對於部份危及遊客安全及特殊景觀處，地形具有潛在危險地區應以生態工法施作理念考量進行低限度整體環境條件整理或改善，儘量兼顧環境主體及休閒主體雙向考量，若有衝突時，則須以環境為考量主體。

三、 第三類步道

第三類步道定位為「符合自然研究、環境保護及體能挑戰目的之既有

山徑」，凡經過生態保育、物種棲息環境或地質敏感地區之既有山徑，均應以第三類步道之選線模式考量。

在整建及管理方面，因第三類步道多經過中央山脈保育廊道，為維護特殊生態環境資源，應以管理監測為主，避免改變環境且不容許破壞與改變原有地貌，除部分路段特殊要求，儘量維持「低強度」設計，所有必須進行整建之設施都須有環境保育考量。

在生態考量方面須以環境主體為主要考量因素，所有整建工作均須以保育為優先考量因素，進行規劃時，須經過生態環境調查，避開核心區及自然資源脆弱區域，並推行環境監測機制，考量於外圍設置管制站，或配合必要時間之路段封閉，以落實各項管制措施的實施。

表 2-5 國家步道類型說明表

分類	第一類步道	第二類步道	第三類步道
定位	大眾化賞景需求，可及性高，且安全、便利。	自然度較高，具有自然體驗與生態學習之需求。	保持原始度，自然研究、環境保護為主。
選線	已具相當開發程度之風景遊覽區周邊步道系統。	具自然、人文資源特色，以整修現有步道為主。	以管理代替整建，途經動、植物、地質保護等敏感區域既有山徑。
整體考量	符合環境需求，並取得各界共識，優先整建。	完備相關資源調查後，安全隱患地區小規模整建。	資源調查後，經詳細評估，若整建過程對環境產生影響，建議封閉複育。

[資源來源：林務局，2003，國家步道系統設計規範]

■ 登山步道系統：

步道常見的分類標準有「使用功能和建設特點」、「步道特色」、「分佈地理區位」、「使用目的與機能」。

一、使用功能和建設特點：

- (一) 觀景步道：以方便遊客觀賞優美景觀為主要功能的步道。觀景步道應經過良好的自然風景或人文古跡，如濕地、溪澗、河湖、瀑布、特殊地貌或岩石、稀有動植物區、典型農林業參觀區、人文古跡地等。
- (二) 健身步道：為遊人提供康體健身和具有挑戰功能的步道，分為一般健身步道和特殊健身步道。健身步道應設在遊人方便到達、且能充分享受森林保健作用的地區，如遊憩地主人口區的小遊園、遊樂區、森林浴區等。
- (三) 科教步道：以提供遊人科普科教活動為主要功能的步道。科教步道應設在動植物種類豐富、典型動植物的生存環境、多種生態系統並存、古樹銘木集中、特殊地質地貌而遊客又能方便到達的地區，如濕地、紅樹林、飲用水源地等。
- (四) 聯繫步道：指一般起聯繫或方便工作人員管理功能的步道，如建築物與建築物之間、遊憩區內、車道旁等的聯絡步道或森林管理步道等。

從路線設計、道路面層材料、坡度控制、道路長度等方面結合使用人群，分別總結各種類型步道規劃設計的一般要求，見表 2-6。

表 2-6 各種步道規劃設計一般要求

類型	觀景步道	健身步道	科教步道	聯繫步道
路線設計	1. 環形 2. 線形 3. 與公路連接組成環形	1. 環形 2. 連接主要景點 3. 連接公路和晨運場地	1. 環形 2. 兩端連接主要道路	根據實際要求靈活佈置
道路形式	路面為石砌臺階，石砌、沙石緩坡，允許部分路段出現大坡度臺階；路兩側根據安全需要設有石砌擋土牆、護欄等。	路面多為泥路或石路，路面平緩。特殊健身步道可採用自然路、鋪裝路與純原始路相結合的形式。	路面可為草皮、混凝土、石板、石片、卵石、木棧道等鋪裝形式，坡度平緩，不宜超過 10%，寬度比一般登山步道寬，可設 2~2.5m。	遊覽區內：鋪面採用碎石、石板、木板、混凝土等，兩邊綠化多為人工綠化為主；管理步道：原始景觀。
道路長度	控制在 8km 以內，超過 8km 應與公路、水路、纜車等其他交通方式銜接。	一般健身步道在 0.5~4km 以內，老少皆宜；特殊健身步道可達幾十公里，分段設置，供不同遊人需要選擇。	一般不超過 2 公里，遊程多控制在 1 小時內，遊人以老少皆宜為原則。	遊覽區內一般在 500m 以內；管理區步道較長，根據實際情況而定。

[資料來源：江海燕 自然遊憩步道系統規劃設計 2006]

依步道過去發展之軌跡，結合環境特性及遊憩活動型態，國內之步道大致可分為四類型：（楊秋霖，2003）

- （一）郊野型：多為近都會、海岸或山村社區之步道，通常提供社區居民休閒健行、散步、自行車活動等，使用對象以社區居民為主體。
- （二）健行旅遊型：多位於森林區域內，以國家森林遊樂區、國家公園、甚至國家風景區及其周邊山村為據點之步道，較強調自然景觀資源，並提供自然體驗、生態旅遊及自然研究等功能，基本上這類

型之步道是以展現大自然最佳園地為取向之步道。

(三) 古道型：具有懷舊屬性之步道，以探究昔日先民經濟活動、遷徙及戰役紀念，具有文化意義之古道。古道之恢復可開拓國民對台灣歷史之認知及凝聚愛護鄉土家園之共識。

(四) 越野登山型：係指攀登大型山岳之步道，難度、挑戰均高，通常需有較嚴格的體能條件及較重之負荷裝備，甚至需具備登山技巧、野外求生技能，必要時尚須有高山嚮導之帶領。

二、依據步道特色、分佈地理區位、及使用目的與機能可分為三種類型：（黃德雄,2004）

(一) 以步道特色做為分類標準

主要是以步道本身的特色或性質來加以分類。為因應民眾對戶外休閒活動快速提高的需求與日俱增，美國國會於1968年通過「國家山徑系統法案 National Trails Systems Act」，以可提供「保護」、「休憩」、「公共通行」、「娛樂」、及「感知」等活動之山徑規劃與設計，塑造國家優良戶外活動空間，國家步道即採用這樣的方法據以區分為三大類：

1. 國家景觀步道 (National scenic trails)：設有 100 英哩的最短里程限制，其起迄點及路線通常經過各遊憩據點最重要之景觀、歷史、自然、文化地區，步道之主體特色以具有國家級代表性的自然生態景觀為主，而其設計則以能充分體驗上述地區之精華為重點。

2. 國家史蹟步道 (National historical trails)：指步道本身即具有歷史意義或遊憩價值，需加以保存及管理，不強調長度與連續性，規劃的路線含括水域與公路，不一定與實際古道全然相符，但新設置

之步道系統除須與其串聯外，並盡可能鄰近或利用古道，且遇較脆弱困難之路段需加以保護時，則應繞道新闢步道。

3. 國家遊憩步道 (National recreational Trails)：位於都市近郊地區，主體特色以提供遊憩活動體驗（如健行、賞景等）為主。

在上述三大類步道外，另有連結步道 (connecting or sidetrails)，為使形成全國步道網路能串聯形成整體之大系統，以循最短路徑設置或沿既有道路側設置等方式設置部分路段予以串接。

(二) 以地理區位做為分類標準

主要是以步道分佈的地理區位來加以分類。台灣過去的登山健行界經常採用的分類方式，主要可區分為三種類別：

1. 高山步道：位於海拔約 3,000 公尺（一說 2,500 公尺）以上山區之步道。
2. 中級山步道：位於高山與郊山之間、海拔高度約 1,500 公尺至 3,000 公尺山區（一說 1,200 公尺至 3,000 公尺）之步道。
3. 郊山步道：位於海拔約 1,500 公尺以下山區之步道。

國內學者對於山徑步道的分類如下：（陳昭明，1981）

1. 近郊登山步徑。
2. 淺山登山步徑。
3. 高山登山步徑。
4. 長距離步徑。

其後之學者也多引用並參照登山社團之習慣，將登山路線概分為郊山、中級山、高山等三種。

(三) 以使用目的與機能做為分類標準

以登山健行者之使用目的及步道機能來加以分類，日本自然公園的步道即採用這樣的方法據以分類，他們的步道系統可區分為下列四大類：

1. 自然觀察路（自然研究路）：以步道沿線之地形、地質、動植物、及自然現象之觀察為主要目的所設置的步道系統。
2. 探勝步道：以自然風景觀賞、史蹟及文化資源探訪為主要目的所設置的步道系統。
3. 登山道：以登山活動為主要目的所設置的步道系統。
4. 長距離自然步道：以連續一日行程步道所串連而成之長程步道。

2-3-2 生態工法應用於登山步道考量

不同之步道類型其系統發展配置與步道構造設計是有較大差異的，如何判斷步道的現有狀態，可以依據相應類型優良步道系統的規劃設計因素進行判定。楊秋霖（2003）認為，優良的步道規劃設計應從「安全」、「最小環境衝擊」、「有系統之選線與配置」及「步道構造之設計與環境調和」四個層面思考。步道是一種線形通道，早期山區步道主要是用於居民生活目的，目前旅遊遊樂區之步道主要功能是為了為旅遊者提供休憩為目的。步道的起迄點由社區到社區，擴展為直達景觀優美的深山野嶺，呈網路分佈的步道系統面狀甚至是立體的對自然環境進行切割，嚴重破壞了原始的自然形態，嚴重的切割了生物、植物棲息地並干擾了其地面及空間活動，因而迫切需要以生態為主要考量的步道規劃，設計、規劃及施工方面在為遊憩、觀光需求時兼顧生態環境的保護。因而生態工法步道狀態評估考量的主要因素為環境生態之考量，例如：面層使用土質透水性鋪面，以涵養水質，

調節微氣候的天然物質，減少徑流及水土流失；線性應順應現有的地形，盡量減少變更；附屬設施有效的將遊客控制在步道上，避免破壞步道周邊植被與土壤，必要時使用護欄限制遊客動線，保護較敏感地區；設立解說設施，充分發揮環境教育的功能，透過適當的解說形式來增進人們對環境的瞭解與關懷。

步道應用生態工法考量之執行流程應當包括三個步驟：1、生態狀況調查，2、整建工法設計，3、環境檢測及維護管理規劃。

一、生態狀況調查

執行步道狀態考量之前，須先確定步道區域範圍並進行環境勘測及生態調查，在生態狀況調查過程中要根據步道現狀確立整治規劃目標，依需求可包括步道病害防治、棲地破壞復育、特有生物保育、下游排水管道生態復育等目標。確立整治步道區域規模大小及目標後，進行該地區之陸域、水域或特殊生態系調查，調查項目及方式依區域環境的特性，進行生態特性及環境影響因數等資料蒐集。

二、整建工法設計

在步道評估、規劃階段應將調查之生態需求參數納入步道現狀評價中，同時考慮當地步道的環境特性、地質、水利、設施安全等進行設施結構設計與配置，依步道的需求搭配景觀設施，進行工料採用及經濟分析。在整建的過程中仍須進行環境監測工作，以避免工程的施工造成自然環境的破壞，並從實地經驗的工法操作與規劃人員的理論基礎相結合，透過兩者的互動隨時進行工法的調整。

三、 環境檢測及維護管理規劃

步道工程營運過程中，生態環境監測的工作必須長期進行，依據工程規模規劃監測及調查工作，藉以評估工程效益。之後並藉由步道養護單位組織維護工作隊，執行相關照顧及維護工作，並定期對步道狀況進行監測。

應用生態工法對現有步道進行評估，其評估、規劃階段之執行流程模型如圖 2.2 所示。構想提出運用生態工法相關理論探討現有步道評估執行模式，蒐集現有工程執行模式中分析生態工法執行現況之調查與分析。



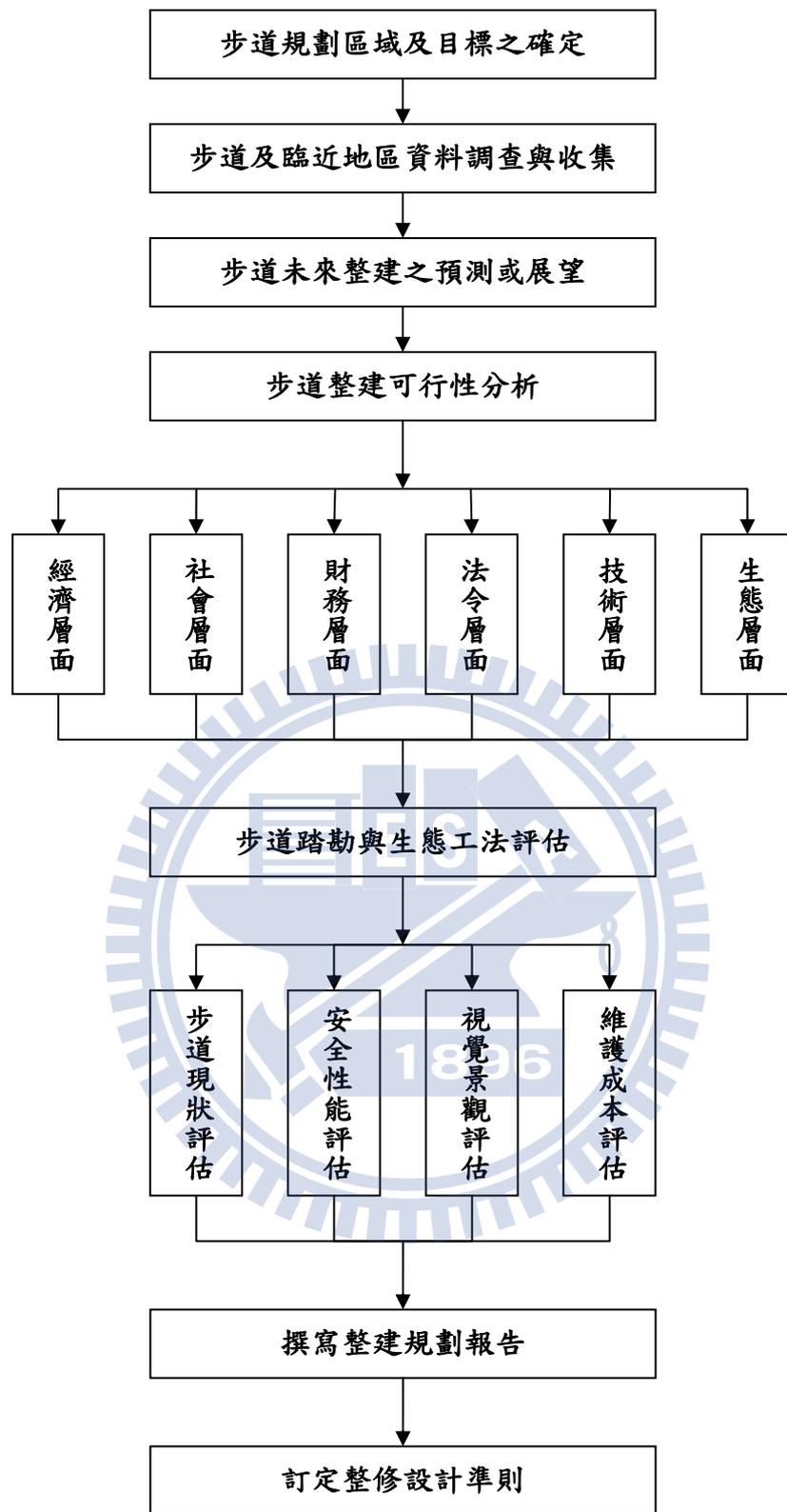


圖 2-2 步道現狀生態工法評估階段執行流程圖 [本研究整理]

2-3-3 國內外生態工法步道之案例探討

臺灣地區的國家步道系統之規劃是林務局自 2002 年至今的主要政策，使國家步道整建考量皆以強調生態環境與自然體驗為要素，步道規劃簡樸化、步道設計因地制宜、步道建設環境考量符合生態工法之基本原則成為步道整建的重要基礎。本節結合國內外步道保育生態環境，步道構築與環境融合成一體的成功案例，藉供我國步道狀態評估之參考。

本章節主要參考林務局 2003 出版「國家步道設計規範」、歐風烈 2007 編著之「步道生態工法設計暨施工手冊」、林大元 2005「步道之生態工法應用」及福留脩文「登山步道之近自然工法」（2003 國家步道系統建置發展研討會）與黃瓊慧 2006 年碩士論文「國家步道應用生態工法之研究-以能高越嶺道為例」。

一、 國外案例

（一）保障步道遊客行走安全鋪設踏板的治水對策——世界遺產屋久島

世界自然遺產日本鹿兒島縣世界遺產屋久島其登山步道因過度使用和常年的雨水沖刷呈現表土剝落現象，土壤侵蝕現象，風景區隨時可見不少樹根脫離土壤浮在空中的現象，為減緩雨水沖蝕，其步道結構是以埋在當地山丘內的巨石為基盤，再鑲嵌其他石材於其中以承接重力，由於運用既有地形及當地的自然石，將人為施作部分控制在最小範圍內，充分利用了生態工法的概念與技術。



圖 2-3 屋久島山丘內的巨石臺階

[資料來源：福留脩文，2003，「登山步道之近自然工法」]

(二) 圓木與鋪石階梯 — 北海道大雪山國立公園愛山溪

對於土壤因侵蝕裸出蛇行狀態區域可依蛇行水路的寬度，河道彎曲的弧度，為保護主要水脈的方向，鋪設圓木與鋪石階梯的凸出面時，圓木敷設方向應與主要水脈方向垂直，石面角度應朝水流方向稍微下斜配置。對於曲流部在山腰處所形成的橫向侵蝕，以固床形式的橫工可抑制進一步的侵蝕狀況，同時也可使水勢減弱。所有木樁與圓木材料應盡可能在當地調劑達並需依照森林管理及生態保育等原則綜合地判斷選擇，以達到適材適所的目的。



圖 2-4 北海道大雪山國立公園愛山溪圓木階梯

[資料來源：福留脩文，2003，「登山步道之近自然工法」]

（三）風化岩石的根基部處理—德島縣國定公園劍山

德島縣國定公園劍山標高 1955m，因晝夜溫差變化大，在溫差、風化、雨水作用下，上的陡坡則應設置階梯步道或轉折，避免因修築整地造成坡面沖蝕；同一步道階距、深應一致，每階高度約在 10~15 公分之間，並忌連續長距離階梯步道設置；岩石風化嚴重，岩石龜裂形成的石粒群嚴重影響步道通行安全。為減少岩石風化對生態系統的影響，以三合土補強處理。三合土補強壓實後，不僅易於行走，同時對於不穩定風化石根基的起到補強作用。

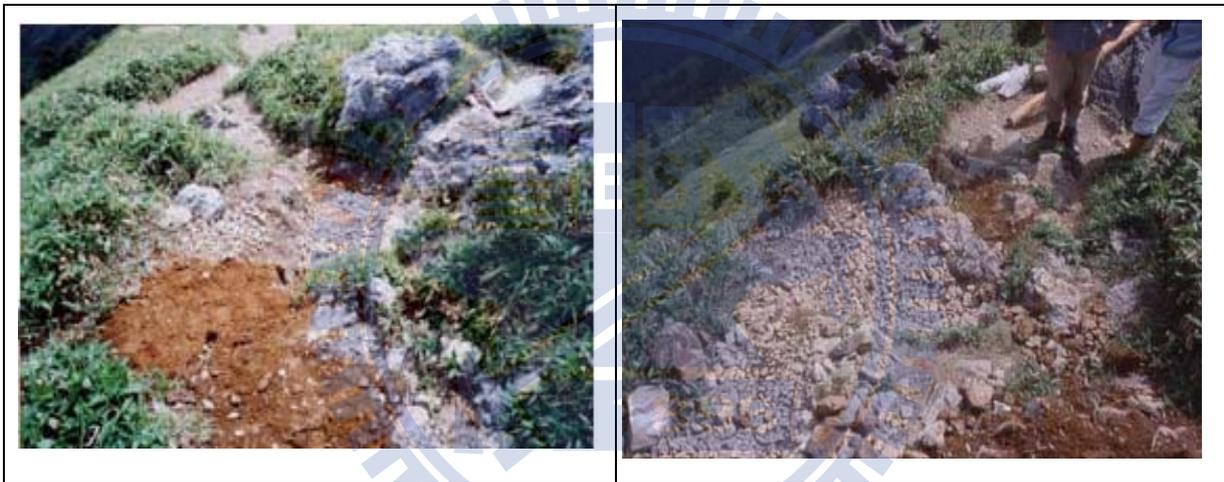


圖 2-5 德島縣國定公園劍山三合土風化岩石的根基部處理整修前後

〔資料來源：福留脩文，2003，「登山步道之近自然工法」〕

二、國內案例

（一）透水性能良好的風化頁岩石板鋪面—司馬庫斯登山步道山景區

自然環境下的泥土步道鋪面，雨季容易形成水土流失，在潮濕情況下使得止滑成為鋪面材質選擇上的優先考慮。一般而言，粗糙而富質感，不易長青苔的材質比較理想，尤其以軟底、設植草縫的構造方式為透水性材料為首選。

位於新竹縣尖石鄉的司馬庫斯山區，以其天然無人造加工山水景觀，以及充滿歷史人文色彩等特色，向來備受熱愛自然景觀登山活動者喜愛。

其步道鋪面採用耐久性強的風化頁岩石板；並以最環保之山區自然腐朽傾倒木材回收做為護欄、涼亭、標示牌、解說牌之材料。



圖 2-6 司馬庫斯登山步道透水性能良好的風化頁岩石板鋪面
〔資料來源：本研究實地拍攝〕

(二) 利用舊有架構再造公園步道新生命—鯉魚山

利用舊有架構再造公園新生命，改造泥濘步道利用棧道代替，形成良好的旅客的休憩環境。



圖 2-7 鯉魚山改造泥濘步道的木棧道
〔資料來源：林大元 2005「步道之生態工法應用」〕

(三) 利用回收材料製作的塑膠木面板—日月潭土亭仔步道

日月潭土亭仔步道，採用高架棧道穿過林間下，形成連續的生物棲地廊道，利用回收材料製作的塑膠木面板，耐久且顏色與環境相融合。



圖 2-8 回收材料製作的塑膠木面板—日月潭土亭仔步道

[資料來源：<http://www.awem.com.tw> 網站]

(四) 崩塌地質的步道處理—能高越嶺整修工程

崩塌地質易受風、雨侵蝕造成步道阻斷，能高越嶺整修工程在阻斷處架設步道棧橋以利遊客通行。



圖 2-9 能高越嶺步道崩塌地質整修前後

[資料來源：黃瓊慧 2006 「國家步道應用生態工法之研究-以能高越嶺道為例」]

第三章 生態工法應用於步道評估之要素

除相關文獻資料外，本章就整體生命週期之觀點，自整體生命週期、步道路線之選擇及步道系統等不同層面找出相關生態工法評估之要素，期能廣泛深入並能確實評估生態工法應用於步道時之評估指標。

3-1 步道工程整體生命週期

步道生態工程系統生命週期(System Life Cycle)之步驟包括可行性研究、規劃、設計、施工及營運維護管理。主要內容及注意事項如下

一、 可行性研究及規劃

整體的可行性研究包括工程技術、經濟、環境/生態的可行性，生態工程在規劃設計前，必須先進行完整的環境及生態調查，呈現目前的生態現況與面臨的問題，然後分析開發計畫所可能進一步造成的生態衝擊(生態衝擊評估)，以及可能造成的生態損失(生態成本分析)，才能有系統的規劃出減輕生態衝擊的方法。

在生態工程規劃的評估次項目裡，考量範圍內容如下所述：

(一) 確立生態目標：

欲做好管理必先確定目標，要做好生態工程的管理，就要確定生態的目標為何，生態目標大致上可分為四類，即生態環境破壞前之保育、生態環境破壞後之復育、生態系之複製、景觀視覺改造等。

(二) 特有生物調查：

台灣地區由於高山落差大，屬於島嶼地形，在地理上長期隔離影響下，孕育許多特有動物及植物。這些特有之動植物乃台灣

地區之重要資產，因此在進行生態工程之規劃時特有生物之調查不可或缺，以作為生態工法設計時之重要依據。

(三) 水文資料蒐集：

台灣地區年平均降雨量約 2500 公釐，3000 公尺以上高山有 100 餘座，重要河川多達 129 條（方懷聖、楊耀隆，1993），地形變化大，河川水位在豐水期與枯水期差異甚大，完整的水文資料蒐集對於設計單位及施工單位相當必要。

(四) 當地可用資材調查：

有效運用當地資源及材料，對於生態工程在節省能源及景觀視覺上的配合是相當重要的，資源可以是自然的能源，如太陽能、風力、水力，以及當地居民的力量，而材料使用當地植物、石材等，不但可以減少外來物種對於生態的威脅，也可以減少搬運、開採等能源之浪費，在視覺上的效果更加能呈現當地景觀一致性，創造近自然之景觀。

(五) 居民意見溝通與協調：

居民意見在生態工程成功與否占相當之關鍵性，不論是施工過程或是完工後的使用，當地居民所需接觸之時間與感觸必較其他單位為多，且工程要順利進行減少抗爭，就須做好溝通協調之工作，並將其意見納入規劃生態工程之考慮因素之一。

(六) 預算編列：

國內山林河川多屬國有，因此管理者多為公部門，因此在預算的編列作業上相對重要，生態工程在預算編列上與傳統工程有分歧之處，因此在規劃階段對於預算編列作業必須重視生態工程

特別之需求，不可與將之與傳統工程一貫視之。

二、設計

設計階段係訂定步道工程設計圖及相關說明，其最主要的生態考量重點在於將策略研擬之迴避、縮小、補償策略落實至工程設計中，在編繪設計圖及擬定施工計畫的過程中，必須依循規劃階段生態保護說明書中相關內容與要求，撰寫設計階段生態保護說明書，詳細說明生態保護措施的落實內容、追蹤監測方式、維護管理方法、生態效益驗收方式及相關預算之編列，供後續人員參考。在生態工法設計中包含了四項重要的評估準則：

(一) 保育物種需求分析：

生態工法乃是針對生態工程之目標進行設計，並無一定準則，區域內保育物種需求為設計工法之基礎(林鎮洋、邱逸文，2001)，諸如孔隙率、生物廊道、光線設計等都須以物種需求為基準，避免設計之工法在施工中或完工後影響生物之自然發展。

(二) 特殊材料取得時程：

生態工程對於材料之要求較傳統工程為高，例如石材、植栽、天然材料等，在材料的取得上可能較為不易，一但設計階段即選擇採用較特殊之材料，必須先行排定材料取得時程，必要時須先行採購，避免施工進度排程受材料影響而延滯。

(三) 再生材料利用評估：

在重視永續經營理念的生態工程中，再生材料的應用應納入工法設計之一環，在不影響生態環境的原則下，應用再生材料可以減低能源的消耗，例如煉鐵礦泥、爐渣、煤灰、鑄造廢砂、廢玻璃、石材廢料等，皆可經過處理成為再生材料，成為水泥、級

配料、紅磚、藝術組合磚等產品。

(四) 施工可行性分析：

國內許多天然山林因地勢險峻，地質變化大，因此生態工法設計階段必須分析施工的可行性，避免設計之工法在施工階段遭遇問題，導致變更設計或延宕施工。

三、 施工

施工階段之重點在確保設計階段各項生態考量，皆可以適當的施工方法落實於此階段中，藉由施工期間之環境與生態監測機制，以及生態異常緊急處理流程，確保施工影響如預期之內。現場工地管理中包含了五項重要的評估準則，其內容如下所述：

(一) 工地組織：

良好的組織可以讓管理事半功倍，組織內各單位的權力及責任劃分清楚，在發生緊急事故或爭議需要處理時，可發揮良好效用，若無良好之工地組織，容易造成單位間相互推委效率低落之現象。

(二) 生態環境維護：

因為生態工程不同於傳統工程，所以不僅完工後之工程要達到規劃階段預期之生態目標，在施工之階段更要儘量保持周圍生態環境之完整性，避免因施工而造成生態浩劫。

(三) 進度查核及分析：

生態工程的進度安排較一般工程為複雜，一方面要避免破壞生態，必須採取階段性施工，另一方面需顧慮季節及氣候之影響，避開洪峰期，因此在進度安排上，需要有經驗之人員。

(四) 施工品質管理：

生態工程之品質不但注重施工構造物的品質，更注意整體工程之品質，尤其是生態環境之品質。

(五) 工程資訊管理：

生態工程之工程資訊管理不單單是進度、成本、品質之資訊管理，對於生物環境、施工中對生物之影響、完工後生物族群之變化之紀錄也須建立其資料庫，不僅承包商可累積施工經驗，業主資訊之累積對於生態工程之後續發展更是大有助益。

四、 維護管理

已完成生態工程之步道，於營運期間進行維護管理作業考量如下：

- (一) 生態工程設施之維護、檢查、管理，以確保生態工程設施能夠發揮正常功能。
- (二) 正常運作狀態下，記錄其運作情形以做為日後其他開發計畫應用之參考。
- (三) 非正常運作狀態下，立即進行改善以減輕可能造成的問題。
- (四) 進行生態監測工作，監督步道整體計畫對生態環境之衝擊是否合乎預期、無環境惡化、新問題發生或失控之情形。
- (五) 維護管理組織建立：生態工程維護管理組織不單單靠主管機關來建立，與生態工程接觸最為頻繁為當地之居民，工程成功與否對居民影響也最大，若能結合居民之力量，組成維護管理組織，不論是在管理績效、管理成本上來說，都較為優異。

故步道採用生態工法之評估，建議可分為設計原則（含可行性、規劃及設計等）、施工、營運管理及與周邊環境之融合等層面探討。

3-2 步道路線的選擇考量

步道路線之選擇，係參考文獻檔案資料、現地實測資源調查要素、採集規劃發展有關資料與步道實地踏勘等，對步道環境進行初步評估，並對步道沿線的區域作現場踏勘工作，以地形圖為基本參考，配合其他形式，詳細記錄沿途的地形特徵、植物群落、動物出沒及生存狀況、景觀特點、障礙物及不利條件，提出多條線路方案以及避讓不利條件的措施。另依現場踏勘和初步勘測的情況預測和估算步道修整的路線長度及難易程度，分析考量步道線路的合理性，預定幾條其他對比步道線路方案。路線之選擇將對周邊影響環境甚為重要。

3-2-1 步道路線選擇原則

步道路線選擇之原則如下：

一、 對資源影響最小的原則

首先要考慮步道未來的建設、遊客對資源環境的影響，並遵循將影響降到最小的原則。特別要避免遊人直接接觸環境敏感地帶，如濕地、沼澤地、飲用水源地、紅樹林保護地，但可以採取如棧道、高架廊道等形式通過或選在適當距離之外建立緩衝區域，實現對環境敏感地帶的保護。

二、 安全性原則

線型評估時，需考慮步道施工過程以及遊客使用過程中的安全性，必要時應添加防護設施如護欄、護坡等。

三、 視覺走廊景觀最好的原則

步道系統除滿足各種不同的功能外，核心的功能應當是遊憩、休閒和自然觀景欣賞。因此，步道系統在修建時，應堅持視覺走廊景觀最好的原

則。強調步道經由特徵不同的景觀地帶，創造最大的生態景觀變化，增加遊人的樂趣，如溪溝谷、山脊等地形地。

四、 建設與維護成本最低的原則

考慮經濟性。將建設與維護成本降到最低。要求優先選擇原有步道的線路，並考慮與新步道最經濟的整合與聯繫。

3-2-2 步道路線的典型設計模式

登山步道大多與山景、水景或山水兼備的景觀相配合，在步道線形設計中常常採用環形和線形兩種形式。由於山區中現有的自然景點通常極為分散，高低起伏且難以形成一個連續、完整的景觀序列。在選擇上主要考量結合功能、地區特性來規劃人工景觀節點外，並運用各種典型地形特徵要素，從景觀序列類型、景觀節點構思、配套設施佈局、遊線遊覽特色或審美特點及步道與其他交通的接駁等方面綜合規劃設計。

一、 環形路線

(一) 沿山體等高線

在群峰林立、山體陡峭、線條挺直、相對高度大的山嶽型遊憩地，為了欣賞山峰的群體美或溪谷的形態美，可以選擇最高或次高峰作為落腳點，沿某一條合適的等高線開闢環山步道，可仰望、俯瞰及平視欣賞自然景觀。

在景觀節點構思方面，可以增加亭台樓閣、小橋流水等人工景點，這些景點同時也是配套休息、避雨、觀景等的服務設施。在設計風格上與自然環境相互掩映，並較好的體現出地方特色，成為標誌性的設施，為遊人登樓觀景、舒展胸懷之所，在交通聯

面，通過纜車或上下山步道與景區主入口銜接。



圖 3-1 沿山體等高線環形線路

[資料來源：黃瓊慧 2006「國家步道應用生態工法之研究-以能高越嶺道為例」]

(二) 沿水體水岸線

以寬闊的水面為主景，沿著蜿蜒曲折的水岸線設置環湖或環島遊覽步道，可滿足遊人親水天性的典型步景，屬典型佈局模式。遊覽步道，以水準景觀序列，串連湖光山色，人工增加的亭台成為重要的休憩節點，在旅遊審美上具有視野開闊、心曠神怡的特點。

二、路線線形

(一) 沿山脊分水線

在多個山體頂部相互連接的地貌中，可以沿由數個山頂、山脊、鞍部相連形成之山脊線佈局登山步道，特別是與山區重要的防火線相結合，可以形成一條連續登高望遠的特色遊覽線。這種步道具有視域寬、開朗暢曠、觀賞角度自由等特點。

(二) 沿溪流合水線

在群山底部，聯繫叢山深谷和山麓凹地形成的登山步道，以

仰視或平視為主，視野較為狹窄。由於山地和植物的影響，觀景上具有視域窄、光亮少、景深長而層次多的特點。。

(三) 沿溪谷合水線

位在相鄰山背、山脊之間的低凹部分，各等高線凹入部分頂點的連線，即為溪谷的合水線，也是溪谷的中水線。沿著溪谷中水線，往往是地形變化豐富、景點分佈集中的區域。如水流長期對山體的切削、沖刷和攜帶形成的懸崖峭壁、嶙峋怪石；坡度平緩處的清澈小溪、陡峭處的瀑布和深潭；適應溪谷生態環境的植物形態，都是溪谷溝澗的賞景特色。



圖 3-2 沿溪谷合水線〔資料來源：<http://chinese.soifind.com>〕

3-3 步道主體設施結構選擇考量

步道主體設施系指步道基層（含底基）、鋪面及特殊路段處理，其內容與相關規範分述如下。

3-3-1 步道基床處理

步道基層包含步道底基層和步道基層，對於基床之基本要求是基層堅實度，重點在於其實用性，沿堅實地基修築的步道基床只需對原地面進行

簡單處理，沿山側修建步道，其基床山坡挖掘成向外傾斜 2~8%，表 3-1 列出不同山坡坡度的步道基床處理方法。

表 3-1 步道基床處理方法

山坡坡度	步道基床處理方法
0~10%	一般不進行挖填
10~30	採用半挖半填方式，加固路基
30~50	3/4挖，1/4填，增加挖方比例，加固地基
50%以上	基本以挖方為主，避免填方

[資料來源：歐風烈，步道生態工法設計暨施工手冊 2007]

當步道通過濕地地帶，必須避免步道基礎對脆弱敏感環境造成傷害，避免採用實體土基或石基，造成基床失穩或阻斷濕地流水通暢，破壞生態平衡；但由於濕地提供的步道多變性和趣味性或因地勢不可避免的通過濕地，通常以最小接觸點或適當步道結構如棧道、木板道方式處置。

3-3-2 步道鋪面選擇

步道鋪面可以採用透水性和不透水性鋪面兩大類，生態工法提倡使用透水性鋪面為主要設計原則，可使用原有土壤、現地周邊崩落土石等原始場地清理材料，也可採用鋪面外來材料如石料、多孔性瀝青混凝土及細木屑、針葉等自然材質鋪面。

原始場地清理材料鋪面就地取材利用原始場地清理出的材料鋪設路面，其常用鋪面材料包括自然土面步道鋪面、落葉步道鋪面、自然碎石步道鋪面、砂石步道鋪面；按材料分類，可以分為壓實土壤、石料和木材。



圖 3-3 生態工法步道之鋪面案例〔資料來源：本研究實地拍攝〕

3-3-3 特殊路段處理

特殊路段的路床處理包括 Z 字形步道、階梯步道、淺流過水處理及堤道。

一、 Z 字形步道與曲型步道

用於在有限的使用空間獲取所需的高程，同時仍維持步道可接受之坡度，Z 字形步道設置坡度以介於 200~450 的坡面為宜，坡面最陡不超過 550。Z 字形步道轉彎應儘量平坦，路線上下方路段應避免在行進中一眼看穿，以免形成登山者自創捷徑，造成水土保持不良及環境安全問題。

二、 階梯步道設置

一般路面坡度之斜率在 5~8% 之間，最大容許坡度為 10~15%，25% 以上的陡坡則應設置階梯步道或轉折，避免因修築整地造成坡面沖蝕；同一步道階距、階深應一致，每階高度約在 10~15 公分之間，並忌連續長距離階梯步道設置。

三、 淺流過水處理

步道穿越小山澗時，為避免因步道之使用需求截斷水流，常常採用淺流過水處理。淺流過水處理路段位置應考量選擇在有良好的溪流流徑、最小之水道寬度及平坦的溪流坡度處。

四、 跨越橋設置

在無替代性路線情況下，可修建跨越橋。跨越橋橋下淨高設計應在季節性高水位之上，並考慮洪水期間浮木、斷枝從橋下通過，橋樑位置優先選擇河道較窄、日光照射時間較長的地點。

五、 擋牆設計

邊坡處理中運用圓木或塊石砌築擋土牆，擋土牆施工優先考量乾式砌

築工法，牆面應順山勢微內傾向上坡應用重力原理，基石選用大而堅固的塊石，以小石塊填補縫隙，背應填碎石以利導、排水，步道兩側栽植適當植物，以利排水、減低土壤被沖刷，防上邊坡土石鬆動裸露，下邊坡路基流失，使步道基礎失穩，路面狹窄。

	
<p>Z 字形步道</p>	<p>幾近垂直的登崖木梯</p>
	
<p>跨溪流過水路段</p>	<p>通過崩坍地之木棧橋</p>
	
<p>頁岩路基擋土牆步道</p>	<p>跨越山澗仿木造鋼橋</p>

圖 3-4 生態工法步道之特殊路段處理

〔資料來源：網站：<http://trail.forest.gov.tw>與本研究實地拍攝〕

3-4 步道附屬設施選擇考量

步道附屬設施包括：步道入口、停車場、管理服務站、牌誌設施、解說設施、休憩設施、衛浴設施、廁所等景點起輔助功能的設置，其雖然不是景點骨幹設施，但輔助設施的配置反映了自然生態區域的管理水準。

一、 停車場地：

停車場地是景區停車空間，並為景區步道入口設置車輛轉換空間，在步道入口處除設置停車場地外，還需設置具有解說、管理及救難等功能的服務站。

二、 牌誌設施

牌誌設施是步道景區的重要輔助設施。步道入口處應設標誌系統，告知遊客相關注意事項，並繪明步道路線圖及步道長度等資訊；行進沿線於適當距離設立長度說明指示或指標，需能引起遊客注意又不破壞原有景觀和諧，不得將牌誌直接釘於自然資源上。牌誌設施中應儘量避開強風處、地質滑動等危險區域，並注意不要將牌誌直接設置於行進動線上，適當退縮以留出設觀看距離。登山口不夠明確，應設置登山口標誌牌。沿途未標明地名，應設置地名標示牌，以公告有助於旅客行程方向辨別。

三、 解說設施

解說設施應當符合步道環境屬性，以天然材質為優先選擇，採用圖文搭配，內容應淺易懂，並將解說設施按順序編號，方便使用者自行尋找，並配合人員解說或自導式步道等；使用強度低之步道或行經脆弱而需保護環境資源者，則在鄰近休憩點及解說手冊中，以解說員、摺頁等方式，進行教育宣導與解說。

四、 休憩設施

步道休憩點設置可以考量步道長度、坡度及遊客體能負荷、地質結構安全等因素，並斟酌現地環境、空間腹地，設置休憩點、活動廣場或觀景平台等設施。可以充分利用現地塊石，增加休憩空間趣味性或利用現地喬木形成遮蔭空間，在多雨或是氣候多變區設置避雨亭台，優化休憩環境。

五、 住宿設施

住宿設施是步道景區重要的輔助設置，其地點選擇可距離水源地較近、地形較為平坦、地質結構穩定，具發展空間及工程作業腹地區。材質選用需注意其設置地點與結構性的安全考量，同時斟酌環境現況與材料，施以必要的防腐、防蛀及防漏水處理。

六、 衛生設施、廁所

- (一) 衛生設施、廁所可設置於山村聚落、步道入口或附屬於住宿及休憩點，避免單獨設置，設置方向與位置應位於通風良好的下風處，給水設施、垃圾收集與處理，收集設施應設計為半開口或活動門式開口之固定式、不易搬動，避免雨水浸泡及野生動物翻動而造成傾倒、蚊蠅孳生等問題。
- (二) 垃圾桶的造型必需顧及與環境及其他設施的和諧，材料則需考量耐久性、耐水性及可塑性。

	
<p>停車場地入口</p>	<p>低維護管理的指示標誌牌</p>
	
<p>解說設施</p>	<p>就地取材的休憩環境</p>
	
<p>與環境融合的衛生設施</p>	<p>與環境融合的衛生設施</p>

圖 3-5 步道附屬設施〔資料來源：本研究實地拍攝〕

第四章 層級分析法架構及權重

「生態工法應用於登山步道評估之研究」係屬於決策分析問題，因此決策程式之完備及充分決策資訊，將影響整個決策品質，尤其本研究屬於公共建設方面的決策，其決策品質及成果必須是一套較為公平、客觀而且具有效率的評估方法。本研究針對專家學者、設計者及施工者等相關專業人員，以三方面的立場來考量相關評估因素，建立較具代表性之評估準則，以供作為政府機關、維護機關及設計者等相關單位參考的依據。

4-1 評估準則訂定及架構之訂定

4-1-1 第一階段問卷調查

本研究為顧及研究完整性及評估準則有效性考量下，在評估因素之彙整初期，透過相關文獻、研究報告及利用腦力激盪法，廣泛納入生態工法相關之評估因子，初步彙集有二十四個考量因子，內容詳表 4-1：

表 4-1 生態工法考量項目表

編號	項目	編號	項目
1	步道的實用性	13	修整復原速度
2	材料的可替換性	14	使用環保綠建材
3	須有生態保育概念	15	修復材料的取得性
4	步道對災害防禦能力	16	步道的安全性
5	具視覺美觀性	17	步道材料耐用性
6	步道材料的區域性	18	修整時難易度
7	雇工在地性	19	完善之維護管理
8	步道材料的經濟性	20	與在地環境協調性
9	迴避地形危險帶	21	步道路線線形條件
10	施工難易度	22	周邊景觀優美性
11	施工技術性	23	迴避環境敏感帶
12	施工及雇工品質	24	步道材料的可及性

為了解各評估項目之重要程度並進行篩減及彙整，進行第一階段問卷調查（詳附錄一），問卷共計發放 35 份，採面對面發放，因此沒有回收率之問題，其中受訪者包含各領域學者專家與相關科系在學學生，希望藉由各個不同層面的考量，而獲得最大之滿足程度。

4-1-2 評估準則訂定

回收問卷經統計後，依照各評估項目重要程度，篩選出 11 項準則（詳表 4-2），作為後續層級分析法之架構。其中「材料的可替換性」、「雇工在地性」、「步道材料的經濟性」、「迴避地形危險帶」、「施工技術性」、「施工及雇工品質」、「修整復原速度」、「使用環保綠建材」、「修復材料的取得性」、「步道材料耐用性」、「修復材料的可及性」、「迴避環境敏感帶」等…共 11 項因素，因重要程度相對較低。另外「施工難易度」、「修整時難易度」合併為修整施工困難程度，皆不納入評估準則範圍。

表 4-2 生態工法評估準則項目表

編號	評估準則
1	步道的實用性
2	步道的安全性
3	步道材料的區域性
4	與在地環境協調性
5	須有生態保育概念
6	具視覺美觀性
7	修整施工困難程度
8	完善之維護管理
9	步道對災害防禦能力
10	步道路線線形條件
11	周邊景觀優美性

4-1-3 評估架構訂定

在整體層級架構之擬定上，本研究從由產、官、學諸多層面考量，構建出設計、工法與效用特質等主要層面的準則目標，其依序有「設計採用原則考量」、「工法特質考量」、「營運維護狀態考量」與「步道環境條件考量」等四項構面，以上述四項構面為主要思考方向，將評估準則加以整理歸類。其整體層級架構關係圖如圖 4-1 所示

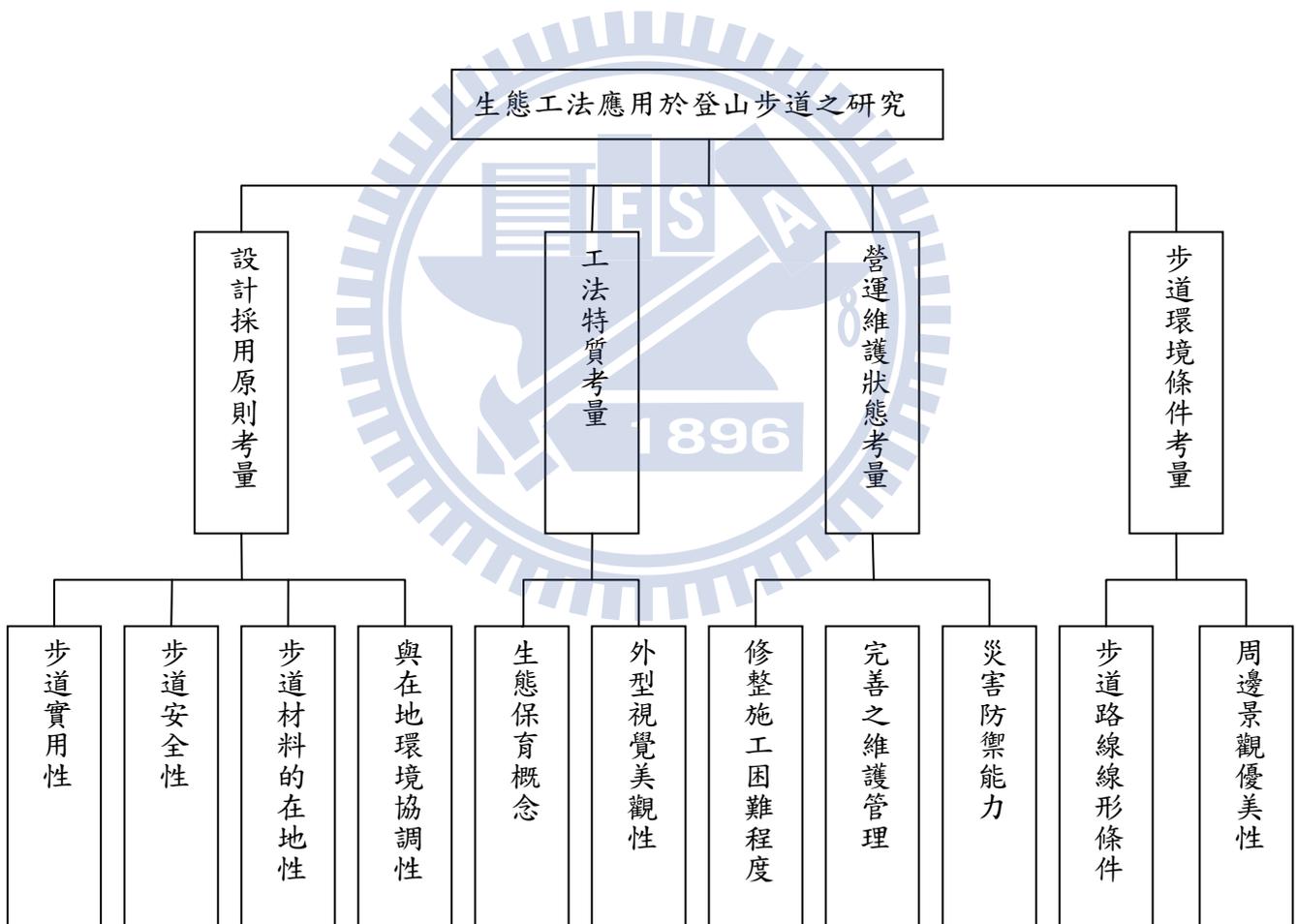


圖 4-1 層級分析架構圖-生態工法評估準則〔資料來源：本研究整理〕

4-2 構面及評估準則說明

以生態工法對登山步道狀況之評估擬用「設計採用原則考量」、「工法特質考量」、「營運維護狀態考量」與「步道環境條件考量」等四個構面目標為主要思考方向，本節將對四個構面目標及其所屬準則進行分析、說明。

一、設計採用原則考量

傳統步道建設多半僅於結構、建材以及各類步道的工程技術方面進行研判，至於對道路周遭環境之設計及保護卻是非常缺乏，依據生態工法的觀點，步道建設應儘量減少對環境的衝擊，形成環境保育、安全適用，最大限度的保存自然風貌及自然景觀，而使之達成完美步道建設的目標，故針對採用原則歸納出「步道實用性」、「步道安全性」及「與在地環境協調性」三項較為重要的影響因數，分別說明如下：

(一) 步道實用性：

步道實用性為完美步道狀況的重要環節，傳統步道承載運輸功能，時下的步道突出其提供遊憩、休閒之功能，成為景點聯繫的承載體，倘若步道本身不能在承載其功能，提供最高的服務，則其價值將大為降低。廣義來說，「實用性」與「服務」為一體兩面，而步道所能提供之服務，與實用性有著密不可分的關係。

(二) 步道安全性：

完善之步道設計，應能提供旅遊者良好的視野，安全的環境功能避免潛在危險因素對行人造成傷害或不便，因此，步道規劃設計與監造的品質管控，也必須能確保步道鋪面、路邊與路床、路基在各種自然條件下，不致於對遊客的出行安全造成危險，故

安全性是指步道避免各種有形或無形之危險的考量。

(三) 步道材料的在地性：

步道規劃設計考量提倡接近現地環境，自然度高，步道建築材料能就地取材，鋪面以碎石、塊石、木材及土壤為主，步道整體色彩或質感都與環境融合。

(四) 與在地環境協調性：

一條完備的步道其本質，必須是將工程、建築及景觀技術等三方面相互結合。因此一條建造完善的步道，除了配合自然之地文水帶、配合完善設計的結構同時應當與周邊環境協調性，使其步道具備令人愉悅之良好品質，故河濱溪畔的保育、植栽及自然景緻之保存與其他生態景物的維護等，都是構成步道環境協調之重要因數。

二、工法特質考量

步道系統採用生態工法觀點進行評估時，除了考量經濟與效益需求滿足之因素外，同時也會對工法本身的特質做進一步的比較，本研究總共歸納出「生態保育概念」、「視覺美觀」與「施工困難度」三項在工法特質之考量下較為重要的影響因數，分別說明如下。

(一) 生態保育概念

生態工法觀念最突出的特質在於避免鋼筋水泥施工方式，而以生態之手法恢復環境，以還諸自然，恢復生態，讓生物賴以生存之環境能夠永續發展，因此，設施本身之特性與製造工料是否符合環保概念對於生態保育來說，就顯得相當重要的影響因數。

（二）外型視覺美觀性

步道設施選擇除了在功能之基本條件考量之外，應該也要注重外觀的美化及與現地環境的協調，如果有較佳視覺美觀之步道設施建設，除了有美化步道之功能外，對於用路人也會有較佳之視覺感受，並可藉此以突顯工法本身之特質。

三、營運維護狀態考量

步道營運狀態的維護方案是步道管理水準的重要體現，是保證步道正常營運的有效措施，是步道評估體系的主要評估指標。

（一）完善之維護管理

步道應運過程中是否進行有力度的維護管理與步道工程品質能否良好維持成正相關，後續的維護管理水準與步道使用壽命息息相關。

（二）步道災害防禦能力

步道設計中依據現地條件確定步道結構物及承重係數，在步道營運中注意風災、霜害等自然因素的影響，保持排水設施、棧橋、路線防護設施的完好性能，對坍塌土石及時清理和路段維護，步道巡查人員注意步道出現的安全隱患災害，異常天氣加強對步道和遊客的管理和救護。

（三）修整施工困難程度

步道應運過程中需要進行正常的修整，該準則考量修造成本、工期限制及人力配置與管理有關聯之外，營運期對於所建造之設施本身的維修、材料之取得與保養亦會有相當程度之影響考量。

四、 步道環境條件考量

步道環境條件之考量應該必須要納入系統考量所需考慮的重要指標之一，因為生態工法應用於步道工程建設之效益能否百分之百地發揮，常常須看工法採用區域與建造環境是否有緊密地配合，否則，即使以最佳之技術與工料建造，其效益還是會大打折扣，反之還會出現反效果。因此，本研究針對步道建造環境條件之考量歸納出「道路幾何條件」與「周邊景觀優美性」二項較為重要之影響因數，分別說明如下。

(一) 步道路線線型條件

工法方式之採用通常必須配合步道幾何條件之各種情況，倘若工法之選取與步道幾何條件能夠相結合，則能使工法本身發揮出最大之效用，極大提高步道的優良等級。

(二) 周邊景觀優美性

生態工法如果能有效的結合步道施工區域其他環境之配合，則對於該區域生態平衡與生態保全之維持保護更能產生相加相乘之效果，實現步道與周邊環境的優美組合。

依據上述各層級構面與評估準則之詳細說明，本研究將整個層級架構做一歸納彙整，如表 4-3 所示。

表 4-3 評估參考準則彙整表

評估構面	評估準則	說明
設計採用原則 考量	步道實用性	道路是否能夠在承載、提供最高之服務
	步道安全性	道路工程是否能避免各種有形或無形之危險
	步道材料的區域性	步道規劃設計提倡接近現地環境，就地取材，步道整體色彩或質感都與環境融合。
工法特質考量	生態保育概念	以生態之手法恢復環境，以還諸自然，恢復生態，讓生物賴以生存之環境能夠永續發展。
	視覺美觀性	注重外觀的美化及與現地環境的協調，較佳之視覺感受。
營運維護狀態 考量	修整施工困難程度	考量修造、營運期對於所建造之設施本身的維修與保養亦會有相當程度之影響考量。
	完善之維護管理	進行有力度的維護管理與步道工程品質能否良好維持成正相關。
	步道災害防禦能力	保持排水設施、棧橋、路線防護設施的完好性能，對坍塌土石及時清理和路段維護，異常天氣加強對步道和遊客的管理和救護。
步道環境條件 考量	步道路線線形條件	選取與步道幾何條件能夠相結合，則能使工法本身發揮出最大之效用。
	周邊景觀優美性	對於該區域生態平衡與生態保全之維持保護更能產生相加相乘之效果

[資料來源：本研究整理]

4-3 評估準則之權重計算

在準則權重之計算方法上，本研究以層級分析法為基礎，將第二階段專家問卷所蒐集到之調查資料，加以彙整計算所構建而成（專家問卷內容詳見附錄二，第二階段問卷）。

4-3-1 第二階段問卷調查

本研究是直接與政府機關、專家學者、施工業者及設計人員等進行面對面之訪談調查，因此沒有回收率之問題，總計共發放專家問卷共 15 份（詳附錄三），回收有效問卷 15 份，希望藉由產、官、學之不同層面考量，以

獲得最大之滿足程度。

在獲得第二階段專家問卷中各專家學者的意見後，分析計算各構面及準則之相對權重。同時，為了確保每一份專家問卷之有效性，其問卷中所有準則的一致性指標（Consistency Index, C.I.）均小於 0.1，符合一致性檢定之標準，為有效問卷。

另 AHP 法中需做「一致性檢定」之原因，係由於對專家學者在進行專家問卷調查的過程中，我們無法要求其做到比較時須達到前後的一貫性，因此需要進行一致性之檢定，利用一致性指標，檢查專家學者所回答構面的成對比較矩陣，是否符合一致性矩陣。而一致性指標主要是作為評估專家學者，其判斷是否合理及前後現象是否一致之方法。

4-3-2 評估準則權重計算

本研究建立層級分析之架構後，以 4 大構面及 11 項評估準則進行第二階段之問卷調查，並利用層級分析法建立各構面及評估準則之矩陣進行權重之求算，問卷資料共 15 份，經彙整計算結果如表 4.4，另各構面及準則排序如表 4.5：

表 4-4 問卷資料彙整表

問卷編號 構面及準則	1	2	3	4	5	6	7	8
採用設計原則	0.5333	0.5393	0.5655	0.4314	0.6726	0.6698	0.6085	0.6427
步道實用性	0.1333	0.1198	0.1383	0.1229	0.1740	0.1828	0.1642	0.1662
步道安全性	0.3018	0.3369	0.3417	0.2496	0.3545	0.3569	0.3354	0.3388
材料之區域性	0.0738	0.0399	0.0304	0.0212	0.0442	0.0446	0.0391	0.0422
與周邊環境協調	0.0245	0.0426	0.0551	0.0378	0.0999	0.0855	0.0698	0.0954
工法特質考量	0.1410	0.1101	0.0990	0.1084	0.0840	0.1977	0.2038	0.2083
生態保育概念	0.1020	0.0722	0.0649	0.0622	0.0631	0.1391	0.1532	0.1507
視覺美觀性	0.0086	0.0174	0.0156	0.0311	0.0141	0.0242	0.0342	0.0402
修整困難程度	0.0304	0.0206	0.0185	0.0152	0.0068	0.0344	0.0164	0.0174

營運維護狀態考量	0.2737	0.0556	0.0553	0.0663	0.1085	0.0671	0.1253	0.1010
完善維護管理	0.0456	0.0093	0.0092	0.0110	0.0181	0.0112	0.0939	0.0505
災害防禦能力	0.2281	0.0464	0.0461	0.0552	0.0904	0.0560	0.0313	0.0505
步道環境條件考量	0.0519	0.2950	0.2802	0.3939	0.1349	0.0654	0.0624	0.0480
步道線路線形條件	0.0389	0.2458	0.2335	0.3283	0.1012	0.0327	0.0468	0.0400
周邊景觀優美性	0.0130	0.0492	0.0467	0.0657	0.0337	0.0327	0.0156	0.0080

問卷編號 構面及準則	9	10	11	12	13	14	15	平均值
採用設計原則	0.5749	0.2513	0.3229	0.3675	0.3156	0.1778	0.2630	0.4624
步道實用性	0.1569	0.0730	0.0797	0.1203	0.0774	0.0473	0.0680	0.1216
步道安全性	0.3063	0.1361	0.1194	0.1895	0.1285	0.0707	0.1386	0.2470
材料之區域性	0.0383	0.0150	0.0240	0.0213	0.0228	0.0120	0.0173	0.0324
與周邊環境協調	0.0733	0.0272	0.0999	0.0363	0.0869	0.0478	0.0391	0.0614
工法特質考量	0.2869	0.6136	0.2188	0.3452	0.4592	0.4083	0.5011	0.2657
生態保育概念	0.2155	0.4437	0.1255	0.1980	0.2908	0.2802	0.3174	0.1786
視覺美觀性	0.0482	0.1324	0.0306	0.0483	0.0487	0.0417	0.0532	0.0392
修整困難程度	0.0231	0.0376	0.0627	0.0989	0.1196	0.0863	0.1305	0.0479
營運維護狀態考量	0.0691	0.0676	0.0833	0.0761	0.1089	0.0682	0.0768	0.0935
完善維護管理	0.0115	0.0084	0.0208	0.0190	0.0272	0.0085	0.0096	0.0236
災害防禦能力	0.0576	0.0591	0.0625	0.0571	0.0817	0.0597	0.0672	0.0699
步道環境條件考量	0.0691	0.0676	0.3750	0.2112	0.1163	0.3458	0.1591	0.1784
步道線路線形條件	0.0519	0.0563	0.1875	0.0528	0.0194	0.0576	0.0795	0.1048
周邊景觀優美性	0.0173	0.0113	0.1875	0.1584	0.0969	0.2881	0.0795	0.0736

〔資料來源：本研究統計整理〕

表 4-5 評估準則權重表

	平均值	構面順序	準則順序
採用設計原則	0.4624	1	
步道實用性	0.1216		3
步道安全性	0.2470		1
材料之區域性	0.0324		10
與周邊環境協調	0.0614		7
工法特質考量	0.2657	2	
生態保育概念	0.1786		2
視覺美觀性	0.0392		9
修整困難程度	0.0479		8
營運維護狀態考量	0.0935	4	
完善維護管理	0.0236		11
災害防禦能力	0.0699		6
步道環境條件考量	0.1784	3	
步道線路線形條件	0.1048		4
周邊景觀優美性	0.0736		5

[資料來源：本研究統計整理]

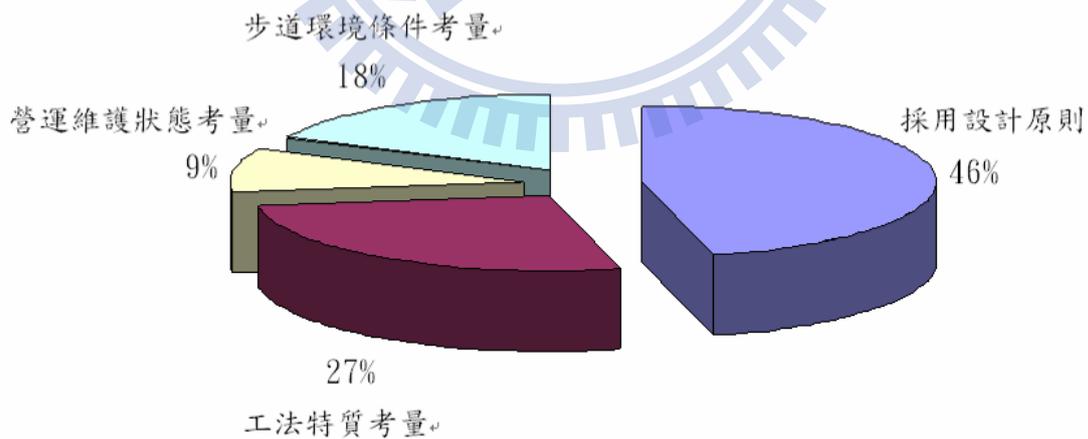


圖 4-2 分析結果圖 [資料來源：本研究整理]

4-3-3 問卷調查結果分析

- 一、 4項構面中，依權重高低分別為「採用設計原則」(0.4624)、「工法特質考量」(0.2657)、「步道環境條件考量」(0.1784)及「營運維護狀態考量」(0.0935)，故在評估生態工法步道時，「採用設計原則」為最重要之關鍵因素。
- 二、 11項準則中，權重最高前三名為「步道安全性」(0.247)、「生態保育概念」(0.1786)及「步道實用性」(0.1216)，權重相對輕的則為「視覺美觀性」(0.0392)、「材料之區域性」(0.0324)及「完善維護管理」(0.0236)。
- 三、 各構面及準則中，權重最重的分別為「採用設計原則」及「步道安全性」，故生態工法之優劣取決於規劃設計之好壞，規劃設計之好壞由取決步道安全性之確保。
- 四、 在預算、時程及人力無法全面兼顧各項構面及準則時，建議可參考80/20法則，將重點放在「步道安全性」、「生態保育概念」、「步道實用性」、「步道線路線型條件」、「周邊景觀優美性」及災害防禦能力等6項準則執行，即可達到事半功倍之成效。
- 五、 上述調查值，可提供政府機關、專家學者、設計者等後續政策研擬、研究及規劃設計之參考，另可配合不同地區之文化、環境及需求進行調整。

第五章 案例分析與探討

找出評估準則及其權重後，本研究實際擇定位於新竹縣尖石鄉司馬庫斯部落之步道做為實例驗證對象，透過所建立之層級分析法架構，對該登山步道以生態工法之觀點進行綜合性之績效評估並訂定評估準則。

5-1 司馬庫斯部落介紹

5-1-1 歷史及由來

司馬庫斯地名的由來，據部落耆老口述，是為了紀念一位名為 Mangus（馬庫斯）的祖先，Smangus（司馬庫斯）則是對於這位祖先的尊稱，該部落位於新竹縣尖石鄉海拔一千五百公尺高山上的一個泰雅族部落，可能為台灣最深僻的原住民部落。本區於 1979 年才開始有電力供應，對外道路更在 1995 年底才開通，早期由於位處深山交通不便，被稱為「黑色部落」，後因發現神木群發展觀光，成為一個重要的觀光地點。

一、 早期歷史

泰雅族人對於本族的起源，大多認為發源地在南投縣或大霸尖山一帶，屬於泰雅族的司馬庫斯人，根據耆老的口述裡，自認祖先來自南投縣仁愛鄉 Pinsbkan（今瑞岩部落），在大霸尖山附近的 Quri Sqabu 分散（現今的泰雅族人稱分散地：思源啞口），這裡是北台灣的至高點，族人再分別往北、東、等不同方向遷徙，其中一支到達今日塔克金溪左岸的鎮西堡、新光一帶，並繼續擴展至泰崗、秀巒、田埔等地，這群人被稱為 Knazi；另一支則朝今天塔克金溪右岸的司馬庫斯一帶前進，並繼續向北擴展至今玉峰、那羅一帶，形成 Mrqwang 支族。因此司馬庫斯與同屬 Mrqwang 的玉峰、那羅等地關係較近，與僅一河之隔、屬於 Knazi 的新光部落反而關係

5-1-3 自然環境

一、 氣候：

受到海拔高度之影響，各地氣溫變化較大，全年氣溫約在 12°C~26°C 間，年平均溫度約為 20°C。元月氣溫最低，約在 12°C 左右；七、八月份最熱，可達 24°C~26°C。

二、 濕度

各月份之平均相對濕度約在 84%~92%，年平均相對濕度約在 88%，故計畫區內之乾濕季節變化不甚明顯，氣候型態屬亞熱帶重濕氣候。

三、 蒸發量

月平均蒸發量以十一月至翌年三月較低，均在 35 公厘以下，其餘月份皆在 40 公厘以上，其中以六月至九月為最大平均值在 69.3 公厘，全年之蒸發散量達 581.1 公厘。

5-2 司馬庫斯步道

5-2-1 歷史及由來

司馬庫斯步道起於宜蘭縣大同鄉棲蘭附近，止於新竹縣尖石鄉秀巒村，司馬庫斯部落為古道中點，古道早期為泰雅族原住民狩獵之獵徑；全程路隨山轉，所經之處皆是危崖險壁、茂林密布的起伏稜線。步行此步道，可體驗泰雅族生活文化，山徑旁參天古木、奇花異卉及變化萬千的雲海。

司馬庫斯步道由來有二，一為百餘年前，泰雅族的大崙崁族人為狩獵而分段重疊走出來的山徑，後來新光、鎮西堡、司馬庫斯等地的原住民，來往宜蘭時都循此線道，直到北橫公路通行後，司馬庫斯步道才不再揹負聯絡社與社之間的重責大任。其二說法為，在清嘉慶年間（1810 年），竹

東地區的客家人曾沿芎林、關西翻過玉山腳，出內鹿埔，抵東勢（蘭陽溪以南）之叭哩沙南（今宜蘭三星），據說他們很可能踏踩這條路線抵蘭陽平原。

5-2-2 地理位置

司馬庫斯步道西起新竹縣尖石鄉的新光部落，經司馬庫斯部落，東至鴛鴦湖畔，其範圍以司馬庫斯部落為西端，東端為鴛鴦湖邊的 100 線林道，全長約 11 公里。



圖 5-2 司馬庫斯步道位置圖〔資料取自 <http://www.smangus.org>〕

5-2-3 周邊景點介紹

一、司馬庫斯巨木群

司馬庫斯的景點巨木，根據一九九六年臺灣林務局公佈的排行榜，台灣地區第二名和第三名的巨木都位於司馬庫斯巨木區，這兩棵司馬庫斯的巨木都屬於紅檜木，第二名巨木周長 20.5 公尺，第三名巨木周長 19.7 公尺，樹高約 35 公尺，形狀類似燭台，其主幹可容納二十多人手牽手環抱，樹齡約二千五百年。前往巨木群的步道沿途楓樹、櫻花、竹林、扁柏和紅檜林立，溪澗、碎石落盤地質可見，往巨木群全程約 5.2 公里，步行來回

約需費時 4-5 小時。



圖 5-3 司馬庫斯巨木〔本研究實地拍攝〕

二、 司立富瀑布

司立富觀瀑步道，是新近開發的旅遊觀光步道。夏季雨水豐沛之時，形成氣勢磅礴的觀光瀑布群，秋季步道沿線可現楓香、九芎、山漆植物的紅葉，滿山濃濃秋意。前往司立富瀑布，進入林區出現較為狹窄的步道，步道度過兩座簡便的木橋，沿線可見許多昔日用來種植香菇的木頭佇立其間。過了香菇園已可聽到水聲，在接近瀑布之時您可看到饒富趣味的竹橋，過了竹橋就可以和瀑布與溪水親近了。

三、 Koraw 生態公園

Koraw 生態公園展現了司馬庫斯族人早年的耕作生活，肥沃的土地讓族人辛勤耕種，園中的「石洞」是司馬庫斯族人休憩的森林別墅，穿梭在 Koraw 自然生態公園，彷彿置身人間仙境。

四、 鴛鴦湖

鴛鴦湖位於雪山山脈北段為一處巨大沼澤，長約 550 公尺，平均寬度 60 公尺，湖水面積 3.7 公頃，深受東北季風的影響，是東西向的狹長高山湖泊，亦為大漢溪最上游的源流。在湖面四周為淤積的沼澤地，再外圍的

山地則大多為檜木林。由於鴛鴦湖四周植物物種不多，湖水深處亦十分清澈，形成時間應該不長。學者推測，原本鴛鴦湖所在地是一個峽谷，可能因山崩而將出口堵塞，才慢慢形成湯匙狀的鴛鴦湖。本區為著名的雲霧帶，氣候型態屬於溫帶冷涼重濕氣候，現規劃為「鴛鴦湖自然保留區」及「長期生態研究站」，區內生態環境保存良好。

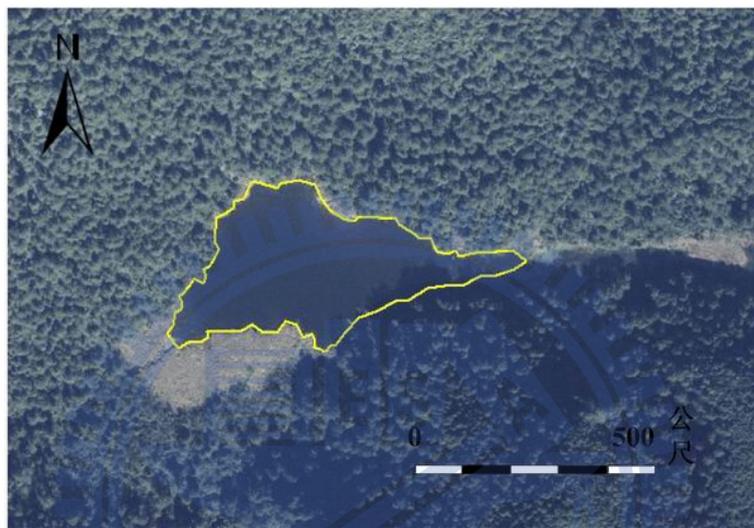


圖 5-4 鴛鴦湖遙測影像

〔資料來源：行政院農業委員會林務局自然資源與生態資料庫〕

5-3 司馬庫斯步道設施現況說明

司馬庫斯步道興建年代久遠且地處偏遠，以往在交通不便、資源缺乏及技術不足之狀況下，由當地人就地取材並考量破壞最少、最經濟方式來完成步道，以下針對步道現況進行說明。

5-3-1 步道維護管理

司馬庫斯步道位於司馬庫斯部落中，屬原住民保留地，地處偏遠交通不便，2004 年成立土地共有制度，成為合作共生的司馬庫斯部落，建立福利制度的分配，沒有個人的財產，相關費用皆由共同基金支出，土地約有 3、4 百公頃，皆由司馬庫斯部落自行開發、經營並維護管理，也因為是自己的

土地，格外重視生態保育概念。

5-3-2 步道線型

司馬庫斯古道從司馬庫斯部落到鴛鴦湖約 10.8 公里，為古時候之古道，礙於資源、技術等，並未針對地形有太多之修改，步道線型順應地形，符合生態工法之概念。

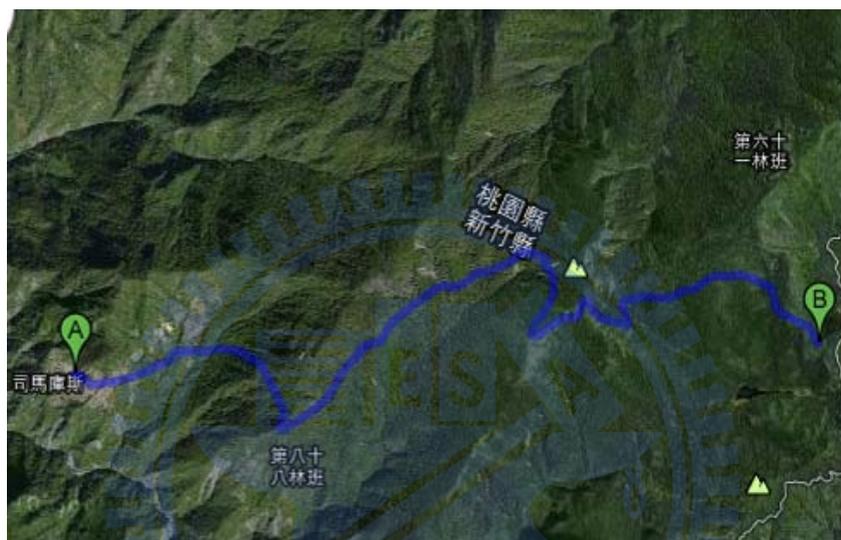


圖 5-5 司馬庫斯步道路線圖〔資料來源：Google 地圖〕

5-3-3 步道主體設施

一、 步道鋪面狀況

司馬庫斯步道鋪面多為原始黃土路面，其質地堅硬，貼近自然。部分路段由於路基條件限制，採用原木加回填料級配鋪平；登山口附近，穿越竹林，再現林間曲徑；步道通過塌陷地區出現風化頁岩崩坍整平步道和頁岩基礎加黃土落葉鋪面步道，步道鋪面皆為原始路面或就地取材，符合生態工法原則。

	
<p>登山口+250m(黃土路面步道)</p>	<p>登山口+120m(原木加回填料級配鋪平)</p>
	
<p>登山口+950m(天然竹林落葉步道)</p>	<p>登山口+1980m(頁岩基礎加黃土鋪面步道)</p>
	
<p>登山口+2150m(風化頁岩崩坍整平步道)</p>	<p>登山口+4900m(天然樹木裸根步道)</p>

圖 5-6 司馬庫斯步道鋪面材料照片〔本研究實地拍攝〕

二、 跨越結構物

司馬庫斯步道多處跨越山溝和溪水，步道隨處可見木橋，跨山溝、跨溪木橋多以天然原木為橋墩，成為與自然貼合的標誌性構築物；在步道穿越竹林區域，可見多處跨山溝竹編橋；在司馬庫斯越嶺步道狹窄路段處處可見多處步道獨木橋符合生態工法原則。



圖 5-7 司馬庫斯步道跨越結構物照片〔本研究實地拍攝〕

三、 路基、邊坡防護

司馬庫斯步道由於依山而建，順應山勢，較少路基、邊坡開挖，除在崩壁地帶採用自然崩落之頁岩步道外，基礎較少路基、邊坡防護工程。



圖 5-8 司馬庫斯步道路基、邊坡防護照片〔本研究實地拍攝〕

5-3-4 步道附屬設施

一、 解說設施

步道所設置之附屬設施如各類服務指示標牌及服務設施等皆就地取材，多採用原木製作回收利用，善用自然資源並展現地方文化特色。



圖 5-9 司馬庫斯步道解說設施照片〔本研究實地拍攝〕

二、生活休憩設施

司馬庫斯步道生活、休憩設施同樣以貼近自然為宗旨，各類服務設施如公共衛生設施、收費亭、瞭望台等多以原木結構，形成司馬庫斯族人特有的景觀。

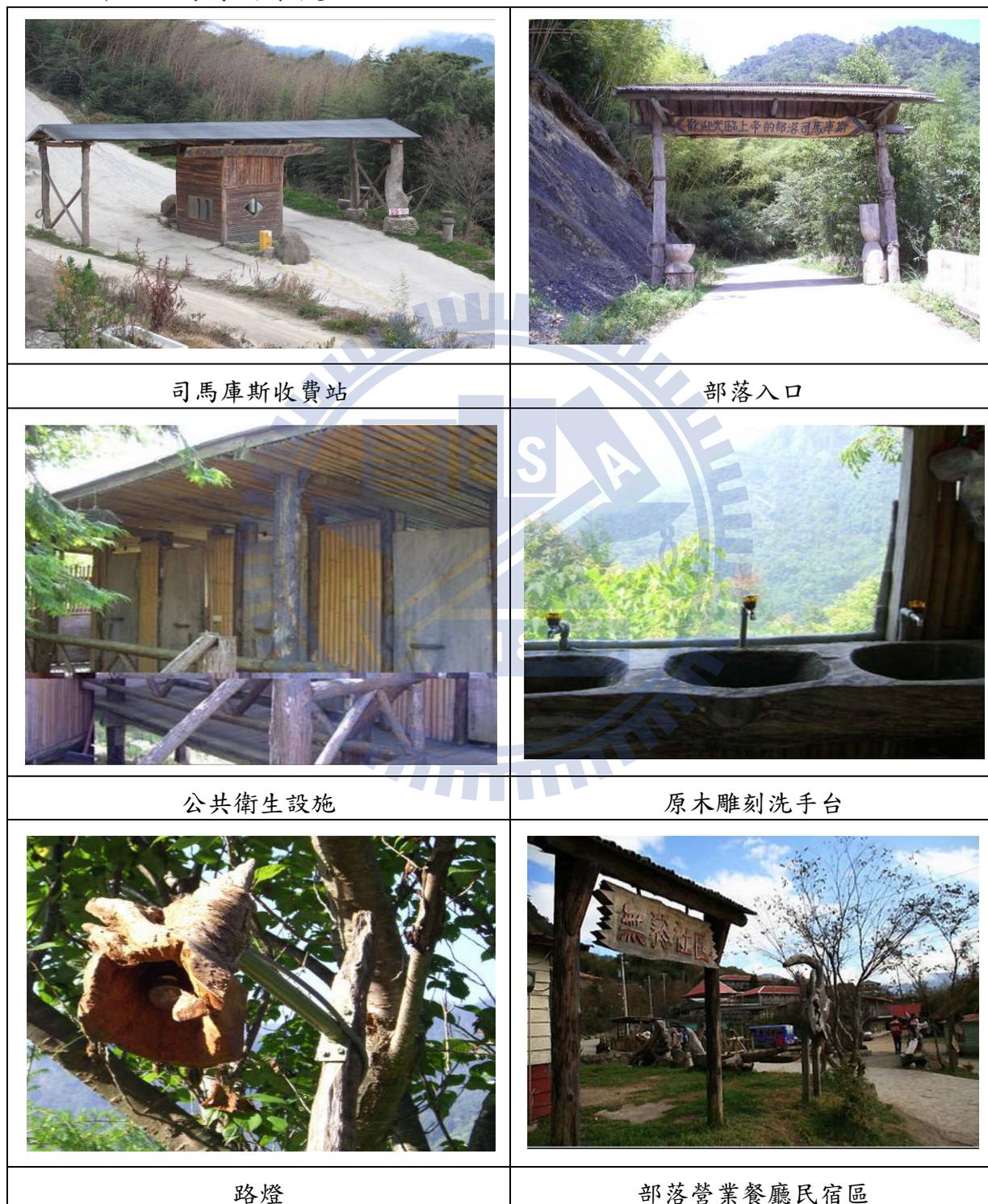


圖 5-10 司馬庫斯步道生活休憩設施照片〔本研究實地拍攝〕

5-4 綜合績效評估及結果

本研究針對上述司馬庫斯步道，以生態工法之角度分別就「設計採用原則」、「工法特質」、「營運維護狀態」及「步道環境條件」等四項構面及評估準則進行評估，評分以個人及最近曾經參與過司馬庫斯登山活動之同好，主觀地針對現況進行投票表決，評分標準說明如下：

- 一、 現況全部符合評估準則內容，視為優等，評分為 5 分。
- 二、 一半以上項目符合評估準則內容，視為佳等，評分為 4 分。
- 三、 一半項目符合評估準則內容，視為普通，評分為 3 分。
- 四、 未達一半符合項目評估準則內容，視為待改善，評分為 2 分。
- 五、 均未達到評估準則項目者，視為須改善，評分為 1 分。

有關司馬庫斯步道之現況評分說明如下：

一、 採用原則考量：

- (一) 步道實用性：司馬庫斯步道為早期古人運輸所走之步道，路基採用原始山區地質材料（風化頁岩或黃土基礎），步道本體承载力佳，評分為 5 分。
- (二) 步道安全性：部份沿山路或蹦壁路段，並未遮蔽與設置欄杆及扶手，遊客有被落石擊中與墜落山谷之危險，未能達成安全性之要求，評分為 1 分。
- (三) 步道材料之區域性：鋪面使用上採用原始黃土落葉路面、天然竹林落葉、風化頁岩崩坍、天然樹木裸根，充分運用當地資源及材料，減少材料運輸之資源浪費及對生態之破壞，符合生態工法考量原則，評分為 5 分。
- (四) 與在地環境協調性：古道路線為順應地形地勢所建造，與在地

環境之協調性達一定標準，但部分附屬設施並未針對環境協調性考量建造，因此部份項目未達成評估準則，評分為3分。

二、工法特質考量

- (一) 生態保育概念：步道所採用之材料及路線之選擇皆配合當地地貌及地形設置，在跨越結構物部分，亦採用竹編及木材等可及性高之材料，符合生態保育之概念，評分為5分。
- (二) 視覺美觀性：由於古道乃順應地貌地勢所設置，並未針對視覺景觀之焦點做特殊改造處理，故評分為2分。
- (三) 修整施工困難程度：步道修造及營運期間之維修與保養，係由司馬庫斯部落住民之基金及部落人員負責，因使用材料及工法之故，且符合地形設置，故維修困難度不高，評分為4分。

三、營運維護狀態考量

- (一) 完善之維護管理：步道為部落自行經營管理，對於相關維護、檢查、管理較無一定維護管理制度標準，亦未進行定檢紀錄及維修改善紀錄與檢討分析，較難解讀步道對生態方面之影響，評分為1分
- (二) 災害防禦能力：配合天然形成之既有路線加以規劃成登山步道，由於缺少人為破壞，地質狀況穩定，天然災害較少發生，但當災害發生時，由於維護經費及人力之不足，在修復及登山人員疏散方面較不足，評分為2分。

四、步道環境條件考量

- (一) 步道路線線形條件：步道之路線為原始古道，並未更改或重新變動，符合對資源影響最小的原則及建設與維護成本最低的原

則，但在步道安全性及採用視覺景觀最好之項目上稍嫌不足，
評分為 3 分。

(二) 周邊景觀優美性：步道地處高山峻嶺，景觀優美，對於生態平衡及保全佳，符合生態工法原則，評分為 5 分。

表 5-1 司馬庫斯步道績效評估計算表

評估構面	評估準則	分數	權重	得分
設計採用原則考量	步道實用性	5	0.1216	0.61
	步道安全性	1	0.2470	0.25
	步道材料的區域性	5	0.0324	0.16
	與在地環境協調性	3	0.0614	0.18
工法特質考量	生態保育概念	5	0.1786	0.89
	視覺美觀性	2	0.0392	0.08
	修整施工困難程度	4	0.0479	0.19
營運維護狀態考量	完善之維護管理	1	0.0236	0.02
	災害防禦能力	2	0.0699	0.14
步道環境條件考量	步道路線線形條件	3	0.1048	0.31
	周邊景觀優美性	5	0.0736	0.37
綜合績效值				3.2

[本研究整理]

經評分後結果，司馬庫斯步道優點為步道實用性、符合生態保育概念、修整施工困難程度、周邊景觀優美性等 4 項為優等，另外在步道安全性及完善之維護管理等兩項，未達生態工法評估準則待改善，綜合績效值為 3.2 分；評定司馬庫斯步道整體績效等級屬普通級。

第六章 結論與建議

6-1 結論

一、 評估指標之建構

本研究透過文獻整理後之初步評估因素，以整體生命週期為概念，建立評估第一層級之構面為「設計採用原則考量」、「工法特質考量」、「營運維護狀態考量」與「步道環境條件考量」四項；另考量到設計規範、生態工法精神、原則及考量等，訂定第二層級之評估準則為「步道實用性」、「步道安全性」、「步道材料的在地性」、「與在地環境協調性」、「生態保育概念」、「視覺美觀性」、「修整施工困難程度」、「完善之維護管理」、「災害防禦能力」、「步道路線線形條件」、「周邊景觀優美性」等十一項。

上述評估構面及準則，為探討其影響生態工法評估之程度，利用層級分析法研究及不同專業之學者及業者進行問卷之方式，依照其重要程度來計算權重值，作為後續實例評估之依據。

二、 評估準則內容

- 準則一：步道實用性為登山步道的重要環節，時下的步道著重其遊憩、休閒之功能，成為景點聯繫的承載體，「實用性」與「服務性」為一體兩面，而步道所能提供之服務，與實用性有著密不可分的關係。
- 準則二：步道規劃設計與監造的品質管控，必須能確保步道鋪面、路邊與路床、路基在各種自然條件下，不致於對遊客的步行安全造成危險。

- 準則三：步道規劃設計提倡接近現地環境，自然度高，步道建築材料就地取材，鋪面以碎石、塊石、木材及落葉土壤為主，步道整體色彩或質感都與在地環境融合。
- 準則四：一條完備的步道其本質，必須是將工程、建築及景觀技術三方面相互結合。配合完善設計的結構同時應當與在地環境協調性，使其步道具備令人賞心悅目之良好品質。
- 準則五：捨棄目前追求速度之鋼筋水泥施工方式，而以生態之手法恢復環境，以還諸自然，恢復生態，讓生物賴以生存之環境能夠永續發展。
- 準則六：步道設施選擇除了在功能之基本條件考量之外，同時要注重外觀的美化及與現地環境的協調，可藉此突顯工法本身之特質。
- 準則七：步道營運過程中需要進行正常的修整，因而，營運期對於修造成本、工期限制及人力配置的維修與養護會有相當程度之影響。
- 準則八：步道營運過程中應進行有力度的維護管理，後續的維護管理水準與步道使用壽命息息相關。
- 準則九：步道設計中依據現地條件確定步道結構物承重係數，在步道營運中注意風災、霜害等自然因素的影響，保持排水設施、棧橋、路線防護設施的完好性能，步道系統的災害防禦能力應為步道考量的重要內容。
- 準則十：工法方式之採用通常必須配合步道幾何條件之各種情況，工法之選取與步道幾何條件相結合，使工法本身發揮出最大之效用。
- 準則十一：生態工法應有效的結合步道施工區域其他環境之配合，實現步道與周邊環境的優美組合。

三、 實例驗證結果

本案例所選定之司馬庫斯步道為一天然古道，非屬國家步道範圍，相關步道之設置、施作、維修及管理，皆由司馬庫斯部落住民經營管理，經過本研究所訂定之以生態工法之評估準則進行評估後，評估結果如下：

1. 司馬庫斯步道因地處偏遠、交通不便、資源匱乏且施工技術不足，修整與施工時；儘量考量當地材料及配合地形設置，以最小程度變動、經濟且實用為原則，故其在步道設置之路線及取材施工及配合自然景觀等方面，符合生態工法之原則。
2. 由部落自行經營管理下，欠缺專業人才，加上未有完善之管理維護機制，無法有系統且全面性之傳承經驗或進行改善步道現況。
3. 在各方資源及經費不足狀況下，部分較危險區域步道安全性仍欠缺完備，無法確保遊客之安全。

6-2 建議

針對本研究過程中，提出下列建議，供後續研究與參考：

一、 增加環境技術評估的資料獲取，完善區域性之整體評估

本研究因研究時間之故，無法進行區域性整體大環境評估，且調查詳細程度亦因物資、器材之限制無法進行環境技術資料獲取，建議後續評估績效值可加入環境技術資料準則支援。

二、 加強不同領域專家學者針對生態工法應用於登山步道評估之研究連結。

研究過程中發現，受訪者之意見受其專業背景及思維，對於步道生態狀態之意見相當不同，尤其面臨安全性及生態性之考量時，

意見紛歧；顯示生態工法在工程評估中的研究上，仍屬於初步階段，對於應用於臺灣本地的評估實證案例還需要進一步加強，方能提供研究者更實際的研究基地，以提供有效的評估準則。

三、 司馬庫斯經以生態工法之觀點來評估後，發現針對步道安全性及管理維護等方面尚有不足，期司馬庫斯部落能增強經費及人力進一步改善步道現況以確保登山訪客人身安全為要。

四、 全面步道體檢

本研究訂出之生態工法評估登山步道準則，透過以上準則，可針對已施作生態工法或預定施作之登山步道，作全面性之績效評估，不足者進行檢討改善，優良者可宣導推廣，全面提升登山步道系統及國人旅遊品質。

五、 多面向評估

評估架構之權重，係由相關領域專家學者、單一方向來進行考量，在現今多元化思維之社會，可再廣納收集不同意見，如民間生態保育團體及步道使用者等等，讓整體評估層面考量更為多面向。

參考文獻

中文部份:

1. 黃文治 (2006) 「生態工法應用在山區公路及景觀之研究」逢甲大學交通工程與管理學系研究所碩士論文。
2. 黃瓊慧 (2006) 「步道應用生態工法研究-能高越嶺道為例」中國文化大學景觀學研究所碩士論文。
3. 黃振嘉 (2004) 「生態工法應用於國道工程建設之分析研究」逢甲大學交通工程與管理學系研究所碩士論文。
4. 吳憲斌 (2002) 「新型道路交通工程設施設置決策之探討」國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文。
5. 黃堂展 (2006) 「山區道路設計運用生態工法與傳統工法比較之研究」逢甲大學交通工程與管理學系碩士班碩士論文。
6. 蔡秀菊 (2005) 「司馬庫斯部落共同經營模式之探討」靜宜大學生態學系碩士班碩士論文。
7. 江海燕 (2006) 「自然遊憩地步道系統規劃設計術」中國中南林業調查規劃, 第 25 卷第 4 期。
8. 福留脩文 (2003) 「登山步道之近自然工法」2003 國家步道系統建置發展研討會。
9. 「步道設計規範摘要」
10. 黃秋煌 (2005) 「山區道路景觀改善運用生態工法準則之研究」逢甲大學交通工程與管理學系碩士班碩士論文。
11. 林大元 (2005) 「步道之生態工法應用」森林遊憩設施規劃設計與施工研習會暨94年度林務局育樂工程計畫內容說明。

12. 林信輝 (2001)，台灣自然生態工法應用現況與發展，2001 近自然工法研討會，臺北。
13. 林憲德 (1999)，城鄉生態，頁15-17，詹氏書局，臺北。
14. 林鎮洋、邱逸文 (2000)，總論及各國經驗，生態工法-理論與實務-研討會，臺北。
15. 林鎮洋、邱逸文 (2002)，生態工法概論，頁18-19，國立臺北科技大學水環境研究中心，臺北。
16. 謝金德 (2002)，他山之石—國外自然生態工法案例探討，水土保持自然生態工法研討會，臺北。
17. 蔡秀菊 (2005) 「司馬庫斯部落共同經營模式之探討」靜宜大學生態學系碩士班碩士論文。
18. 黃世孟 (2002)，「河川生態工法評估程式建立—溪流狀況指數為例」，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文。
19. 唐先柏 (2001)，「生態思維應用在道路建設之理念與生態工法介紹」，自然生態工法理論與實務研討會。
20. 彭國棟 (2001)，「生物學者眼中的道路生態工法」，特有生物研究保育中心之研究集。
21. 林大元 (2001)，「生態工法相關案例研析及探討」，青境工程顧問公司計畫書。
22. 吳輝龍 (2001)，「自然生態工法與災害防治」，自然生態工法理論與實務研討會。
23. 鄭光炎 (2002)，「生態工法之工料分析」，自然生態工法理論與實務研討會。
24. 唐先柏 (2002)，「生態工程之生物指標」，自然生態工法理論與實務研討會。
25. 鍾弘遠 (2002)，「水土保持植生」，自然生態工法理論與實務研討會。
26. 唐先柏、李明賢 (2002)，「以生態工法指數 (EEI) 評估河川生態工法之設計」，自然生態工法理論與實務研討會。

27. 王傳益、林保獅、施漢鵬(2002)，「自然生態工法於環境改善功能之調查與分析」，自然生態工法理論與實務研討會。
28. 鄭奕孟、林永發、張盈慧、紀慧禎(2002)，「生態工法應用於國家公園工程設施之分析」，自然生態工法理論與實務研討會。
29. 林金德、黃于坡、蔡真珍(2002)，「現階段生態工法推展所面臨的問題與對策」，自然生態工法理論與實務研討會。
30. 財團法人中華建築中心(2001)，「綠營建工程方案-道路工程建立綠營建工程設計規範及設計準則」。
31. 林鎮洋(2000)，「歐美生態工法經驗與展望」，近自然工法研討會。
32. 蔡厚男(2001)，「道路建設與環境共生的希望工程—生態工法的理念事例與實踐」交通部鐵公路景觀研討會論文，臺北：國道新建工程局。
33. 林鎮洋、邱逸文(2002)，「生態工法趨勢」，2002 生態工法講習班論文集，第 1-35 頁，農委會特有生物研究保育中心、臺北科技大學水環境研究中心。
34. 林鎮洋、邱逸文著(2004)，「生態工法概論」，明文出版社。
35. 交通部台灣區國道高速公路局(2003)，「景觀道路相關設施設計及施工參考手冊研定」。
36. 交通部台灣區國道高速公路局(1999)，「道路相關設施景觀設計準則之研究」。
37. 交通部公路總局第二區養護工程處(2003)，「日月潭、脊樑山脈旅遊線景觀改善設計」。
38. 蔡厚男、邱銘源、呂慧穎著(2003)，「道路建設與生態工法」，雄貓出版社。
39. 歐風烈 編著(2007)「步道生態工法設計暨施工手冊」明文書局。
40. 歐風烈 編著(2007)「步道施工暨維護 1-2-3」明文書局。
41. 鄭紹材，李浩榕(2006)「以AHP 建置河川水域生態工程管理要項之研究」。

英文部份：

1. Bergen, S. D., S. M. Bolton and J. L. Fridley (2001) Design principles for ecological engineering. *Ecological Engineering*, 18, 201-210.
2. Brooks, A. and F. D. Shields Jr (1996) *River Channel Restoration*. John Wiley & Sons, West Sussex, England.
3. Jorgensen, S. E. and S. N. Nielsen (1996) Application of ecological engineering principles in agriculture. *Ecological Engineering*, 7, 373-381.
4. Jorgensen, S. E. and W. J. Mitsch (2000) *Ecological Engineering*. In: *Handbook of Ecosystem Theories and management*. Jorgensen, S. E. and F. Muller Eds. Lewis Publisher, Boca Raton, Fla.
5. Jorgensen, S. E. and W. J. Mitsch (2000) *Handbook of Ecosystem Theories and management*, *Ecological Engineering*, pp.537-546, Lewis Publisher, Boca Raton, Fla.
6. Mitsch, W. J. (1996) *Ecological engineering: A new paradigm for engineers and ecologists*. In: *Engineering within Ecologists Constraints*. Schulze, P. C. Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
7. Mitsch, W. J. (1998) *Ecological engineering- the seven-year itch*. *Ecological engineering*, 10, 119-138.
8. Mitsch, W. J. and S. E. Jorgensen (1989) *Ecological Engineering, An Introduction to Eco-technology*, John Wiley & Sons, New York. (引自林鎮洋、邱逸文，2000)
9. Odum, H. T. (1962) *Man in ecosystem*. In: *Proceeding Lockwood Conference on the Suburban Forest and Ecology*. Bull. Conn. Agr. Station 652. Storrs, CT. (引自經濟部水資源局，1998；Jorgensen & Mitsch, 2000)
10. Straskrada, M. (1984) *New Ways of eutrophication abatement*. In:

11. Hydrobiology and Water Quality of Reservoir. Straskrada M., Z. Brandl and P. Procalova Eds. Acad. Sci., Ceske Budejovice, Czechoslovakia.(引自 Jorgensen and Mitsch, 2000)
12. Straskrada, M. (1985) Simulation Models as Tools in Eco-technology Systems Analysis and Simulation. Vol. II. Academic Verlag, Berlin.(引自 Jorgensen and Mitsch, 2000)
13. Scott D. Bergen, Susan M. Bolton, James L. Fridley, (2001), “Design principles for ecological engineering”.

網站：

1. <http://www.smangus.org> (司馬庫斯部落發展協會網站)
2. CTIN台灣旅遊聯盟網站
3. <http://www.awem.com.tw> 網站
4. <http://chinese.soifind.com> 網站



附錄一

問卷調查

親愛的女士、先生：

你們好！這是一份學術研究之問卷調查，目的在瞭解司馬庫斯森林生態遊憩區步道生態工法應用的評估項目，以進一步作為生態工法應用於生態旅遊區步道工程規劃設計、及施工管理之參考依據，期能對生態旅遊地環境開發之永續經營有所助益。

以下問題，煩請您撥出一點時間填答，惠予提供寶貴的意見。沒有你們的支持與協助，本研究將無法完成，由衷感謝您在百忙之中撥冗填答，並致上最深的謝意。

敬祝 愉快！

國立交通大學

指導教授：郭一羽 博士

研究生：張震賢 敬上

聯絡電話：0953-490-529

說明：

本問卷各項次，請您依您的看法勾選其重要程度，同時也請您將個人認為其它有影響性之評估因素填入”其他”欄位

評估項目	非 常 重 要	重 要	普 通	不 重 要	很 不 重 要	評估項目	非 常 重 要	重 要	普 通	不 重 要	很 不 重 要
1. 步道的實用性						14 使用環保綠建材					
2. 材料的可替換性						15. 修復材料的取得性					
3. 須有生態保育概念						16 步道的安全性					
4. 對災害防禦能力						17 步道材料耐用性					
5. 具視覺美觀性						18 修整時難易度					
6. 步道材料的區域性						19 完善之維護管理					
7. 雇工在地性						20 與周邊環境協調性					
8. 步道材料的經濟性						21 步道路線幾何條件					
9. 迴避地形危險帶						22 周邊景觀優美性					
10. 施工難易度						23 迴避環境敏感帶					
11. 施工技術性						24 步道材料的可及性					
12. 施工及雇工品質						25 其他：					
13. 修整復原速度											

【問卷到此結束，再次感謝您用心的填答促使本問卷順利完成。】

附錄二

第二階段專家問卷

各位專家先進 你們好

感謝您從百忙之中願意撥冗填寫此份問卷，協助擔任本研究選定評估項目之專家，本研究調查問卷之目的，是希望藉由您專業的素養及寶貴的意見，探討應用生態工法於步道狀態評估之決策過程中，探討客觀的評估司馬庫斯地區步道現狀之績效值，冀望能進一步驗證生態工法應用於步道狀態評估之可行性。該問卷資料之內容僅作為學術研究之用，絕不會對外公開，感謝您，對本研究之支持和協助，於此再次致上十二萬分之謝意！

敬祝 安康

國立交通大學

指導教授 郭一羽 博士

研究生 張震賢

敬啟

聯絡電話：(02)27668066

行動電話：0953-490-529

【問卷填寫說明】

- 一、本研究之目的在於探討應用生態工法評估步道狀況之績效值，以驗證生態工法應用於步道狀態評估之可行性。
- 二、本研究提出針對司馬庫斯山區步道五種主要步道設施，請您就各構面之考量因素加以衡量，並給予一評選值，評選值代表您認為該設施狀態在該項構面應該考慮程度之優劣。
- 三、評選值由1 至5，分別代表意義如下。

評選值	1	2	3	4	5
程度	很低	低	中等	高	很高

- 四、研究之相關準則架構及定義均於附件中說明之，請務必於填卷時予以參照。
- 五、請依您個人之專業素養及經驗主觀認定，選擇各個構面間之評選值。

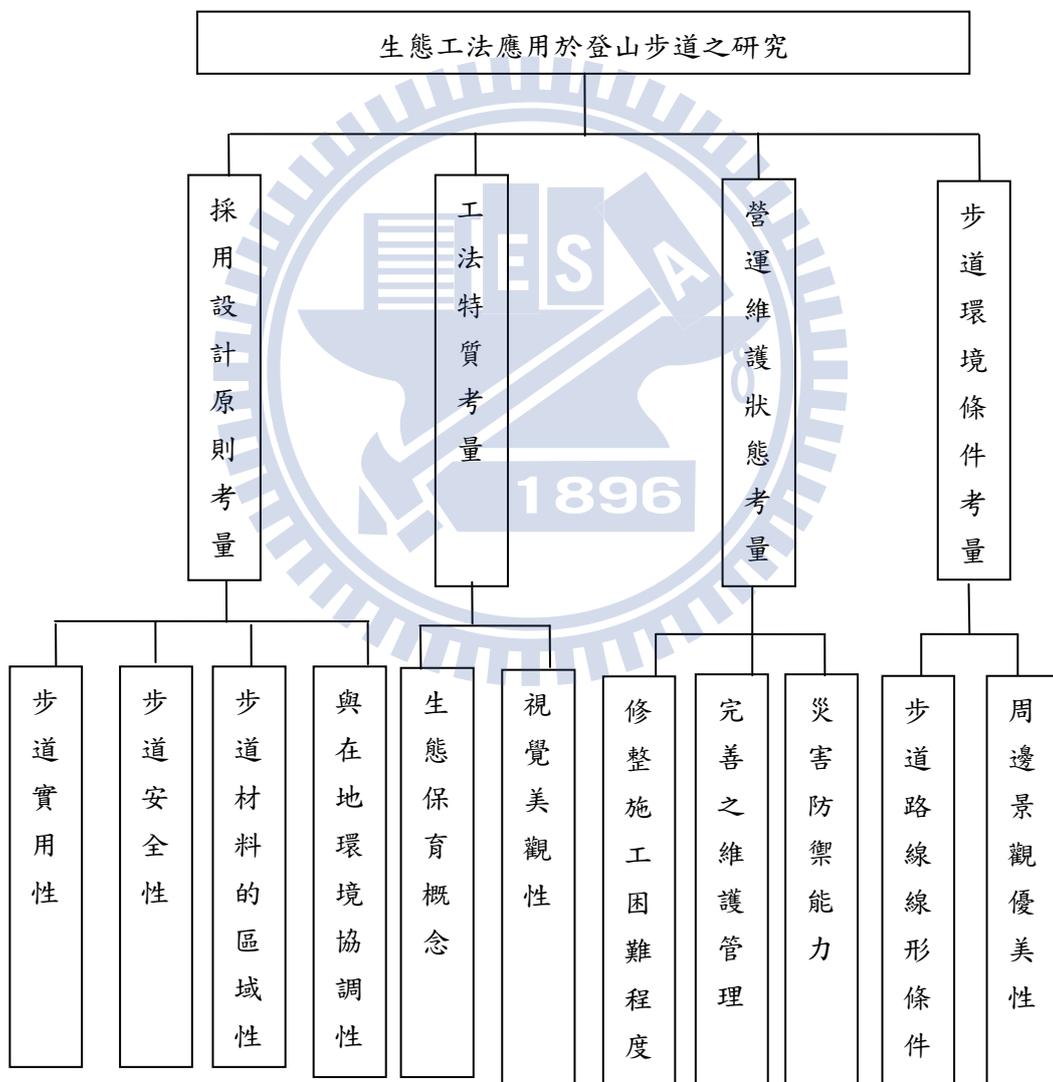
【問卷內容】

請您依序回答下列問題：

若以生態工法應用於山區步道下列各項設施，請您考量各構面給予客觀評選值。

構面 考量因素	步道鋪面狀況	跨越結構物	路基、邊坡防護	步道附屬設施	生活、休憩設施
採用設計原則考量					
工法特性考量					
營運維護狀態考量					
步道環境條件考量					

圖一 決策參考準則層級架構圖



表一 評估參考準則彙整表

構面	評估準則	說明
採用原則 考量	步道實用性	道路是否能夠承載、提供最高之服務
	步道安全性	道路工程是否能避免各種有形或無形之危險
	步道材料的區域性	步道建設能夠接近現地環境，就地取材，色彩或質感都與環境融合。
	與在地環境協調性	將工程、建築及景觀技術三方面相互結合，構成步道環境協調。
工法特性 考量	生態保育概念	以生態之手法恢復環境，以還諸自然，恢復生態，讓生物賴以生存之環境能夠永續發展。
	外型視覺美觀性	注重外觀的美化及與現地環境的協調，較佳之視覺感受。
	修整施工困難程度	考量修造、營運期設施本身的維修與保養難度。
營運維護 狀態考量	完善之維護管理	進行有力度的維護管理與步道工程品質能否良好維持成正相關。
	災害防禦能力	保持排水設施、棧橋、路線防護設施的完好性能，對坍塌土石及時清理和路段維護，異常天氣加強對步道和遊客的管理和救護。
步道環境 條件考量	步道線路線型條件	選取與步道幾何條件能夠相結合，則能使工法本身發揮出最大之效用。
	周邊景觀優美性	對於該區域生態平衡與生態保全之維持保護，使步道周邊景觀優美性。

附錄三

第二階段專家問卷調查名冊錄

問卷編號	姓名	服務機關	職稱	問卷填表日期
2-001	洪耀坤	國礎建設(股)公司	總經理	2008-07-04
2-002	簡國坤	綠山林開發事業(股)公司	工務部經理	2008-08-06
2-003	許育才	綠山林開發事業(股)公司	規劃工程師	2008-08-07
2-004	洪呈和	洪呈和結構土木技師事務所	結構技師	2008-08-14
2-005	楊佳胤	洪呈和結構土木技師事務所	土木技師	2008-08-14
2-006	林燦榮	地樺營造(股)公司	總經理	2008-08-28
2-007	張震揚	地樺營造(股)公司	工務部副理	2008-08-28
2-008	黃秀全	偉新技術顧問有限公司	土木技師	2008-09-03
2-009	蕭清江	中國科技大學建築系	副教授	2008-09-11
2-010	姚宏聲	瑞興不動產開發(股)公司	副總經理	2008-09-12
2-011	李育忠	內政部營建署	技正	2008-10-01
2-012	吳中澍	世偉營造(股)公司	工務部經理	2008-10-12
2-013	林庚鈴	富國技術工程(股)公司	大地技師	2008-10-13
2-014	陳冠霖	大升開發(股)公司	建築師	2008-10-14
2-015	陳兩傳	幸福水泥(股)公司	董事長	2008-10-14