

生態工程應用於空軍基地之研究

楊錫麒
中華大學營建管理學系
副教授

徐文彬
中華大學營建管理學系
碩士班研究生

蔡宗諺
中華大學營建管理學系
碩士班研究生

摘要

在「人-境」的互動思維下，透過「生態工程」之運用，使得人類在營建營造以及開發之時，得以最少的破壞來達成所欲之目標。利用生態學之觀點、符合生態之原理，來進行營建營造之施工，將環境之破壞降至最低。永續發展近年來已成為各國推行公共工程的趨勢，公共工程委員會乃將生態工程推行，作為當前重要施政要項之一。由於空軍基地佔地甚廣且包含了生活場所、訓練場所及各類戰訓用途等場所，如何應用生態工程於空軍基地以追求並達成與自然環境共生共榮及資源永續使用是值得探討的議題。

本研究首先利用文獻回顧建立週邊環境、施工方法、營運影響及機場安全四大主要項目及 21 項次要項目的空軍基地生態工程之評估指標，透過三次德爾菲問卷調查，確立空軍基地生態工程之評估架構。最後架構含四大主要項目及 18 項次要項目。為利於本研究所建立之評估架構可方便運用於空軍基地生態工程評估，再以層級分析法(Alytic Hierarchy Process)，計算評估架構之各個主要項目及其次要項目之權重，進而建立空軍基地生態工程評分表。其中以週邊環境之權重為四個主要項目之最高，顯示最為重要，其次依序為機場安全、營運影響及施工方法。最後，利用佳山空軍基地為案例，探討生態工程應用於空軍基地永續營區發展中存在之問題，並提出因應措施。

關鍵字：生態工程、德爾菲法、層級分析法

Air Force Base of Ecological Engineering applied research

ABSTRACT

Under the thinking of the interaction between man and environment, through the use of ecological engineering, when doing construction and development, man can achieve the desired objectives with the least damage to his environment. From the point of view of ecology, in line with the principles of ecology, man can apply ecological engineering to do the construction and to minimize the destruction of the environment. For the past two decades, the sustainable development of a nation's environment has become a trend for the public construction works of many nations. The Public Construction Commission, Executive Yuan, has considered the promotion of ecological engineering is one of its major tasks. Due to the fact that the air force base covers a very large area of land and that it has different facilities such as living quarters, training and fighting areas, it is worth to investigate how to apply ecological engineering to the air force base to pursue and achieve the sustainable development of its environment.

This study first, through literature reviews, establishes the assessment framework for applying the ecological engineering to air force bases. The initial framework consists of four major factors and 21 minor factors. The four major factors are overall environment, construction methods, operation impacts and air force base safety. Then,

the final framework is determined by using three round expert questionnaires of the Delphi method. The final framework consists of four major factors and 18 minor factors. Furthermore, in order that the established assessment framework can be easily applied to air force bases, an ecological engineering scoring table is established by using the Analytic Hierarchy Process to identify the relative weights of the major and minor factors. Among the four major factors, “overall environment” is the most important factor; followed by air force base safety, operation impacts and construction methods. Finally, the factors in the framework are applied to Jia-Shan air force base to investigate the problems encountered for their sustainable development and the improving strategies are proposed using the scoring table questionnaires.

Keywords: ecological engineering, Delphi method, Analytic Hierarchy Process

一、前言

有關生態工法的起源，其乃源自於德國及瑞士，近年來才逐漸推廣至全球各地。生態工法的主要概念乃源於1938年德國 seifert 首先提出的近自然河溪整治(高甲榮,1999)，其可謂生態工法之濫觴。之後，Odum(1962)及 Mistch(1989,1998)等學者也相繼提出其看法，雖然生態工法的內涵隨著時代潮流的演變及運用上而有些許變動，但總體而言，生態工法乃基於永續生態的理念，並藉以引申出生態規劃、生態設計、生態工法與生態復育以及生態保育等手法，以永續生態系為目標，及以生態系為範疇，利用適宜之自然素材以及環境之自我回復能力，進而達成生態平衡、結構安全、資源永續之工程技術。

此種的內涵在全球環保意識持續之高漲下，已成為追求人類與環境之間平衡共存之應用主流。工程建設開發在國家社會與經濟的發展上，重要性不言可喻。但以往在「人定勝天」的信念下，國內工程建設開發缺乏整體生態環境平衡考量，以致產生諸多如自然生態景觀破壞、資源未能有效利用、產業能源不當利用、生命週期開發各階段造成污染等問題，造成對地球生態環境負面之衝擊影響。近年，台灣極力推導「生態工法」之觀念，政府藉由舉辦多種相關研討會、演講、研究計畫等管道傳播資訊，希望能加強專業界人士和民眾對此議題的了解與重視，進而對生態環境產生正面影響。近年來生態工法崛起，以近自然工程設計日漸受到大家的重視、推崇及廣泛的應用，使開發工程都趨向於對環境保育的重視，加強原生地水土保持的強度，減低及預防天然災害的發生率，使自然生態環境能永續的利用。

二、文獻回顧

2.1 生態工法意涵與沿革

由於近年來對於生態環境的重新重視以及永續發展之觀念盛行，各單位在開發、建築時，均採行生態工法的設計與施工，以兼重安全、防災、生態、景觀等原則。生態工法強調從整體性的角度來思考問題，例如河川的整治不應祇考量某單一區域，應將集水區，河川上、中、下游整體納入評估，才能有效整治；若從生態系統的觀點來看，人類經濟活動所採取的工程施作，應儘量降低對自然造成的衝擊，為提升工程專業人員對自然生態的瞭解，在工程規劃及施作過程中，勢必需要借重生態領域專家提供環境諮詢。因此，生態工法的工作團隊中，熟悉當地環境的生態專家，扮演非常重要的角色。[1]

2.2 國內外生態工法之發展

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。[3]

三、德爾菲及 AHP 層級分析法

3.1 德爾菲法

德爾菲法 (Delphi method) 最早研究始於 1948 年美國 RAND 公司 (Corporation) 為美國空軍從事的一項國防研究計畫，該研究希望透過德爾菲預測術，以獲取受訪之前蘇聯戰略計畫設計者一致的意見。而在 1960 年代以後，德爾菲法逐漸被政府機構及學術團體所應用，並擴及政府政策、社會環境、教育制度、科技策略、企業經營、運輸策略、研究發展及生活品質等方面的研究。[4]

3.2 三階段德爾菲專家問卷統計結論

本研究之第二、三次專家問卷之差異如下表 3.1 所示，由下表可得知兩次問卷之差異在 5% 以內，故可確認專家意見以趨於穩定，故判定本次專家問卷以達收斂。

表 3.1 第二、三次專家問卷差距表

項目		第二次問卷	第三次問卷	差距比例	判斷
主要項目	次要項目				
週邊環境	地理位置	4.2	4.2	0%	收斂
	聲音環境	4.2	4.2	0%	收斂
	空氣環境	4.15	4.15	0%	收斂
	綠化程度	4.3	4.3	0%	收斂
	汙水處理設備	4.2	4.2	0%	收斂
該主要項目之認同度		4.1	4.2	2%	收斂
施工工法	施工動向	4.2	4.15	-1%	收斂
	機具破壞	4.05	4.05	0%	收斂
	土方影響	3.9	3.9	0%	收斂
	生態補償	3.9	3.9	0%	收斂
	工程造價	3.75	3.75	0%	收斂
該主要項目之認同度		4.15	4.25	2%	收斂
營運影響	植物物種	4	4	0%	收斂
	動物利用情況	4.05	4.15	2%	收斂
	生態恢復狀態	4.25	4.3	1%	收斂
	棲地連鎖	4.15	4.15	0%	收斂
該主要項目之認同度		4.1	4.1	0%	收斂
機場安全	鳥擊	3.95	3.95	0%	收斂
	動物入侵跑道	4	4.15	4%	收斂
	雨災排水	3.9	3.9	0%	收斂

	自然災害	4	4	0%	收斂
該主要項目之認同度		3.9	3.9	0%	收斂

四、AHP 層級分析法專家問卷統計分析

經由計算，可得空軍基地生態工程之評估架構之各個主要項目及其次要項目權重，綜整各主、次要項目之權重建立表 4.1 之評分表，在評分表之周邊環境、施工工法、營運影響與機場安全等四個主要項目中，以周邊環境之權重為四個主要項目之最高，顯示最為重要，其次依序為機場安全、營運影響與施工工法。本研究依據推論統計原理設定任一項目需達 7 分以上表通過，7 至 4 分表需改善，4 分以下則為不通過。

表 4.1 空軍基地生態工程之評分表

主要因子	次要因子	權重續	得分
週邊環境	地理位置	0.111	
	聲音環境	0.073	
	空氣環境	0.111	
	綠化程度	0.079	
	汗水處理設備	0.059	
施工工法	施工動向	0.024	
	機具破壞	0.022	
	土方影響	0.012	
	生態補償	0.012	
	工程造價	0.013	
營運影響	植物物種	0.041	
	動物利用情況	0.017	
	生態恢復狀態	0.019	
	棲地連鎖	0.019	
機場安全	鳥擊	0.205	
	動物入侵跑道	0.074	
	雨災排水	0.052	
	自然災害	0.058	
注意事項： <ol style="list-style-type: none"> 1、 得分為介於 0~10 的整數 2、 當有一項目之平均得分小於 4 分則表示該項目不通過需立即改善 3、 當有一項目之平均得分介於 7 至 4 分之間表示該項目有改善空間 4、 當有一項目之平均得分大於 7 分則表該項目通過評量 5、 當滿足以下所有條件時表示該案通過評量 <ol style="list-style-type: none"> A. 所有的主要因子所包含之項目有一半(含)平均得分於 7 B. 任何一個主要因子之平均數需大於 5 C. 無任一次要因子之得分小於 2 6、 當本表用於周期檢示機場是否有需改進部份時「施工工法」 			

五、案例驗證

5.1 佳山空軍基地生態環境案例驗證

佳山基地位於花蓮縣新城鄉的佳樹村、秀林鄉的大山村。從 1979 年開始籌劃，1984 年正式開始動工，到 1992 年才完工。1996 年後，又進行了後續工程的建設。全部工程耗資超過 400 億元新台幣。

5.2 佳山空軍基地案例驗證分析

根據前例空軍基地生態工程由專家評估後的結果，整理出以下需改善項目，對此佳山空軍基地提出因應對策，其內容如下所示：

一、周邊環境

1. 空氣環境：建議設立空氣過濾設備，並重新設計空氣通道。以改善基內之空氣品質與對

於周邊環境之影響。

2. 汙水處理設備：建議更新處理設備，並針對生活汙水與工業汙水分開處理。

二、施工工法

1. 生態補償：建議針對該地區之原生物種所受到之棲地破壞情況進行調查，並建立補償或

平衡機制。

三、機場安全

1. 雨災排水：排水方式與系統需進行檢討，以因應日後會經常性發生之超強降雨。

2. 自然災害：針對各項自然災害應重新建立應變計畫，並定期演練。

六、結論

本研究將所得出之內容及結果，經彙整後提出結論與建議，以作為後續相關研究之參考。本研究結論如下：

一、本研究利用文獻資料分析並引用前人研究與政府公開的建議資訊提出生態工程應用於空軍

基地發展評估架構。該架構與說明如下：

(一) 週邊環境：檢視機場位置對於生態之影響，是否有可利用的優勢與需改善之劣勢

1、地理位置：機場地理位置對於飛機起降動向設計是否考量生態。

2、聲音環境：機場噪音對於周邊生態之影響是否考量。

3、空氣環境：飛機產生之熱氣與廢氣對於周邊環境之考量。

4、綠化程度：機場周邊之鋪面綠化對於周邊生態之影響。

5、汙水處理設備：機場汙水處理情況。

(二) 施工工法：機場在設置或修繕時所採行之工法是否考量對生態之影響與破壞或因施工造成不可逆轉之生態改變。

1、施工動線：施工中動線是否對於原先生態造過度破壞。

2、機具破壞：施工中機具的進出是否造成原先生態造過度破壞。

3、土方影響：工程土方之後續處理是否會造成生態破壞。

4、生態補償：工程所造成之破壞是否具有補償方案。

5、工程造價：工程造價是否因生態工法而失去合理經濟性。

(三) 營運影響：機場營運後對於其影響是否如同計畫，是否有修正之必要。

- 1、植物物種：植物物種生存情況與是否對於其生態帶來正面影響。
- 2、動物利用情況：動物對於生態補償方案與植物之利用情況。
- 3、生態恢復狀態：周邊物種是否回到標目數量、是否出現物種遷移。
- 4、棲地連鎖：因機場而分割的棲地如何有效的連接，使得生態影響減少。

(四) 機場安全：機場運作時是否因生態環境造成安全問題。

- 1、鳥擊：鳥類是否有效控制在安全區域，其方案是否在生態與鳥擊機率之間取得平衡。
- 2、動物入侵跑道：周邊動物是否離跑道過於接近，是否有設置防止機制。
- 3、雨災排水：機場在面臨雨災時排水情況對周邊生態造成影響。
- 4、自然災害：機場在風災與地震時是否因周邊生態影響機場運作。

二、本研究再以德爾菲專家問卷驗證後依所完成評估架構利用 AHP 專家問卷建立生態工程應用於空軍基地發展評量表，用以計算空軍基地之生態工程與生態情況。

三、運用所完成之評量表引用新竹、花蓮與台中空軍基地案例，探討該基地之生態工程與永續營區發展中存在之問題，並提出因應措施。

七、參考文獻

1. 唐先柏、李明賢，「以生態工法指數(EEI)評估河川生態工法之設計」，第一屆自然生態工法理論與實務研討會論文集，中華民國環境綠化協會，2002。
2. 環境保護署，動物生態評估技術規範，行政院，2007。
3. Hartman, A., 「Reaching consensus using the Delphi technique.」, Educ. Leadership 38, 1981
4. 黃俊英，企業研究方法，東華書局，1999。
5. Green, H., Hunter, C. and Moore, B., “Assessing the environmental impact of tourism development: Using the Delphi technique,” Tourism management, Vol. 11, No. 2, pp. 111-120, 1990.
6. Beech, “Studying the future: A Delphi survey of how multi-disciplinary clinical staff view the likely development of two community mental health centres over the course of the next two year,” Journal of Advanced Nursing, Vol. 25, pp. 331-338, 1997.
7. Helmer, O., “The Use of the Delphi Technique in problems of Educational Innovations,” The Rand Corporation, 1966.
8. 周正明，「河川生態工法評估程序建立-溪流狀況指數為例」，國立台灣大學土木工程學系，碩士論文，2002。
9. 龔清志，「台灣生態工法評核機制建構之初探」，國立成功大學建築研究所，碩士論文，2004。
10. 陳瑜昇，「綠建築應用於空軍基地之研究」中華大學營建管理學系，碩士論文，2007