

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

垃圾掩埋場址之治理及其土地永續利用--垃圾掩埋場治理 方式探討及移除工程(I) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 97-2621-M-216-004-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：中華大學土木與工程資訊學系

計畫主持人：楊朝平

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：魏文思

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 10 月 21 日

行政院國家科學委員會整合型專題研究計畫完整成果
報告

垃圾掩埋場址之治理及其土地永續利用

子計畫(6)：垃圾掩埋場治理方式探討及移除工程 (I)

**Remediation, Reclamation, and Sustainable Use of Lands around
Landfill Sites**

**Individual project (6): Engineering practices of landfill mining and
reclamation**

計畫編號：NSC 97-2621-M-216-004

執行期限：97年8月1日至98年7月31日

主持人：楊朝平 教授 中華大學土木與工程資訊學系

摘要

早期台灣之廢棄物多掩埋於較偏僻之山區、河道及平原上，隨著社會之發展，掩埋場週邊也被高度開發、人口密集，因易造成污染及二次災害，而有待治理。為此，本計畫擬以三年期（97、98、99 年度）探討垃圾掩埋場址之治理方式及其移除工程。

於 97 年度完成之主要成果為「垃圾掩埋場治理方式決策模式之建置」。本計畫之工作內容含學理、策略及技術三層次，其中策略層次為治理工程之規劃、設計、管理、作業要點擬定及治理方式決策模式建制等，而技術層次為案例掩埋場垃圾組成調查及其剩餘土石方之再利用途探討、工程作業準則擬定等。策略及技術層次之探討皆須有學理依據，故本計畫之成果將具學理創意性及策略、技術面之應用性。

關鍵詞：掩埋場移除、剩餘土石方、再利用。

ABSTRACT

In Taiwan, there is a large quantity of waste was buried in the suburban mountainous area, waterways and planes in early stage of 20th century. Due to the fast development of economy in Taiwan in the past three decades, the areas near landfill were overdeveloped, therefore the population and secondary disasters increased over there. It is necessary for the government in Taiwan should perform the works of remediation and reclamation on landfills for protecting people from danger. Hence, in three years, this study intends to research the issue concerning the landfill mining and its reclamation.

In first stage (2008, 8~2009, 7), the strategic model for deciding measurement method of landfill will be built. The work of this project is academically, strategically, and technically planned. Strategically, the landfill reclamation project is investigated on the whole process of planning, designing, management, detail specifications for sequence of procedures as well as the decision model for reclamation methods. Technically, landfill site characterization study is proposed for investing recyclable solid wastes and residual soil together with tests for properties and work plans. Both strategically and technically oriented works are based on sound academic bases, hence the results of this study will be academically sound and practically feasible.

Key words: Landfill mining, residual soil, re-use.

第一章 緒論

1.1 背景

社會垃圾的處理乃一日不可或缺之事；約於 1960 年代前後，台灣之垃圾多掩埋於較偏僻之河道上，現今這些掩埋場多已成為自然河堤，也一直或多或少發揮了防洪的功能。但因近年氣象之異常，使得垃圾河堤被洪水沖毀，大量垃圾漂流入堤內保護地、河口、海岸及港口等，造成環境的二次災害，且衝擊廣泛國土的利用性。例如於 2004 年夏季敏督利颱風襲捲台灣時（七二水災），其最大降雨強度約為 167mm/hr（南投縣國姓鄉九份二山），是 2001 年桃芝颱風的 2.49 倍、納莉颱風的 3.39 倍。2005 年夏季的降雨量與影響臺灣之颱風次數亦不亞於 2004 年，而 2007 年 10 月的柯羅莎颱風更造成全台 7 死 53 傷 2 失蹤慘劇及難以估計之社會損失，故吾人所稱之「氣象異常」或許已變成「氣象常態」。另一方面，隨著社會之發展，此等河道兩岸也被高度開發、人口密集，於洪汛期待保護程度變高，而須構築河防構造物。例如，於台中縣旱溪之整治上，在工程設計之初即發現數處垃圾掩埋場，當地居民即強烈要求須於施工時一併清除 [水利署，2004]。

1970 年代前後，行水區濫倒式的垃圾處理已不復見，在環保署的輔導下，各地方政府皆改以制式掩埋場處理垃圾；然而，因居民反對，於用地難求之情況下，有些掩埋場被設置於陡峭地或台階地上。台灣山坡地陡峭、表土侵蝕嚴重、地質脆弱，且山區掩埋場多位置於富自然生態及原始林相區域之環境上游處，其不但衝擊自然環境也可能是環境污染的源頭，在雨季或颱風季節時亦存在著土石流、崩坡、地滑等危機。例如於 2008 年 11 月 30 日，台中市某一山區垃圾掩埋

場因飽和使用而需補強下方擋土牆，在工程進行時因掩埋物滑動及牆基土石鬆軟，造成掩埋場崩塌活埋4人（2死、2重傷）。

另一方面，對平原區大都會周邊鄉鎮市政府而言，因土地開發密度高，而幾乎無法在民意認同之下設置掩埋場，往往是在強制性、急迫性的情勢下，將掩埋場設置於非都市計畫區土地上。此類掩埋場會影響居民生活品質、污染地下水及降低土地利用價值。

1.2 目的

每逢豪雨、颱風期，全臺山區的土石流警戒區日漸擴大，行水區洪水氾濫成災，堤內水無法即時排除而使平原區浸水；位置於此等區位之掩埋場，將造成二度災害與污染，是環境之瘤。臺灣在邁向「開發國家」之路途上，居於保護國土、維護國民健康及秉持環境永續經營之理念，政府應重視此等掩埋場之潛在問題，未雨綢繆的思考治理策略。

掩埋場之治理方式約含復育、場址穩定及移除三種，其中復育與場址穩定仍會使掩埋場存在著二度地質災害或污染環境之危機，非為最上策；而將掩埋場移除方為一勞永逸之舉，且於平原區更能提昇土地系統之永續性及發展性。掩埋場之移除工程首重分類，此乃進入廢棄物資源化的第一步，進而可加速我國從「消費型社會」轉變成「循環型社會」之步調。雖然掩埋場治理方式之抉擇與工程執行，仍需視政府之政策及財政而定，惟「廢棄物資源化」、「國土利用永續化」等乃是經營國家之圭臬。

1.3 重要性

掩埋場治理之主辦機關為環保署，故其執行之治理業績最多；綜

觀環保署諸多法規中與垃圾掩埋場治理相關者有「廢棄物清理法」、「廢棄物清理法施行細則」、「一般廢棄物回收清除處理辦法」、「應回收廢棄物回收處理業管理辦法」、「資源回收再利用法」、「資源回收再利用法施行細則」、「再生資源使用管理辦法」及「土壤及地下水污染控制場址初步評估辦法」。知曉，現行法規中尚缺乏治理工程執行面之作業指導綱要或要點；故當其他中央機關（水利署、水保局、林務局）在執行轄區內之工程而須附帶治理掩埋場時，主辦機關往往無法在工程執行之際，適時提出具體之治理方式及細部內容；工程承包商也就遲遲無法提出施工計畫書，因而延宕工程進度。為此，實有必要對本計畫所提「垃圾掩埋場治理方式探討及移除工程」相關課題，進行系統性的探討。

掩埋場治理之相關課題如下所列：

1. 於中央部、會、署層級尚缺跨部會之政策綱要指引，
2. 社會、土地利用、水文、環境、大地工程等多方面之掩埋場基本資料尚不足，
3. 尚缺涵蓋多方面基本資料之治理方式上位判釋機制，
4. 掩埋場治理之規劃、設計作業要點尚不完備，
5. 掩埋場治理之工程作業要點尚不完備，
6. 垃圾組成及其性質之資料庫待建制，
7. 垃圾分類層次及其品質要求不明確，
8. 剩餘土石方再利用為工程土方之技術規範不完備，
9. 再利用剩餘土石方之實際業績不足，
10. 環保署以外之主辦機關及缺乏掩埋場治理之工程經驗等。

依筆者經驗，剩餘土石方約佔垃圾掩埋場物質八成以上[楊朝

平、聶俊華]；而且國外環保公司估算剩餘土石方之處理費用亦約佔掩埋場移除工程費之80% [Harvey and David, 1995]；故認為剩餘土石方之完善處理，方是垃圾掩埋場治理的關鍵環節。

第二章 文獻回顧

2.1 台灣地區掩埋場現況

根據環境保護署於 2006 年所做垃圾掩埋場總體檢計畫資料，台灣地區約有 537 處垃圾掩埋場，其中營運中的有 145 場、封閉的有 383 場、興建中有 4 場、待用中有 5 場[環境保護署，2006]。此計畫以 100 場營運中的掩埋場為體檢對象，並將結果分三組各別予以分級量化，其結果為：

第一組「直轄市及省轄市」：

優等 1 場、良等 5 場，

第二組「具有營運中大型焚化爐之縣市」：

良等 5 場、其餘（評分<80 分）6 場，

第三組「未具有大型焚化爐之縣市」：

優等 1 場、良等 3 場、其餘 9 場。

此計畫之地下水採樣分析結果如下：

1. 有 69%的掩埋場其氨氮含量高於第二類基準值(0.25 mg/L)，
2. 有 17%的掩埋場其總有機碳值高於第二類基準值(10 mg/L)，
3. 有 2%的掩埋場其重金屬含量（鉻、鎘）高於第二類基準值(0.25 mg/L)。

此計畫之建議事項如下：

1. 宜推動電腦科技，以推動各項制度之落實；
2. 掩埋場之滲出水多採返送方式處理，於雨季有容量不足之情形，有待增加滲出水處理廠規模；
3. 環保署宜儘速協助掩埋場建制標準監測井；
4. 宜制定掩埋區與未掩埋區間分隔構造物之技術規範；
5. 未落實文件、資料之處理與保管；
6. 宜提昇資源再生廠設施，以達垃圾減量之效。

此外，由環保署網站，得知正在進行或申請掩埋場封閉之案件如下所列，知曉其工程項目有從場址穩定、復育（或稱綠美化）轉成垃圾分類、移除、土地再利用之趨勢。

1. 台北市福德坑掩埋場（垃圾分類、移除、土地再利用），
2. 台北市內湖垃圾山（垃圾分類、移除、土地再利用），
3. 臺北縣三峽掩埋場（封閉、復育），
4. 臺北縣八里掩埋場（封閉、場址穩定、溼地營造、沼氣利用、溫室培植區等），
5. 基隆市天外天掩埋場（復育），
6. 宜蘭市建蘭段掩埋場（復育），
7. 台中市南屯區掩埋場（場址穩定、沼氣排氣設施、公園化），
8. 台中市三期掩埋場（垃圾分類、移除），
9. 台南縣西港鄉八份掩埋場（垃圾分類、移除、土地再利用），

10. 台南縣永康市王田掩埋場（垃圾分類、移除、土地再利用），
11. 高雄縣岡山鎮掩埋場（周邊復育），
12. 高雄縣大寮鄉掩埋場（復育），
13. 金門縣賈村掩埋場（復育），
14. 花蓮縣吉安鄉行水區掩埋場（垃圾分類、移除、行水區治理）等。

2.2 掩埋場場址穩定、復育之課題

當今全球性之掩埋場課題為用地取得、淨化地層、穩定化場址、場址再利用、移除垃圾等。一垃圾掩埋場之設施含防漏系統、覆土系統、排水處理系統、氣體排放系統、場址穩定系統、營運系統、環境管理系統等，樣樣皆會影響封閉掩埋場之機能，故須先穩定化掩埋場 [Neal Molton, 1995; Kamon and Katsumi, 1997]。依據日本規範，一穩定掩埋場之封閉、復育條件為(1)連續 2 年滲漏水之水質符合排放標準，(2)連續 2 年氣體排放量無增加，(3)無出現異常高溫，(4)無出現異常沉陷及龜裂現象等 [Higaki, 2003]。

相關於掩埋場穩定之調查項目含(1)掌握場址條件、掩埋履歷、掩埋場現況，(2)調查垃圾組成，(3)預測或調查垃圾之分解及安定性，(4)試驗垃圾之透水、沉陷及抗剪強度性質，(5)預測長期沉陷行為，(6)預測垃圾分解對環境及上部構造物之影響性等。基本上，掩埋場穩定之處理技術屬地工環境領域，即吾人可將此等地工環境處理技術歸納為學理性之滲流、抗剪強度及沉陷三大項 [Hirada, 1994]。唯因其組成物具有不均質性、複雜性、延展性、易燃性、沈陷性等特質，致其工程行為之探討方法趨複雜 [Singh and Murphy, 1990; Oda and Shinnsi, 1997]。

一、滲流

滲漏水的主要監測項目為重金屬含量（鋅、鎘、銅、鉛等）及水質指標（生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體及氨氮等），然而監測設備不足乃為普遍之現象。於台灣，早期之掩埋場有被檢驗出含重金屬之處所，而新設掩埋場滲漏水的大部分為有機物；不透水布因老化、施工不良而發生破裂、開口、下垂及底層排水設施破裂等為水滲漏之主要原因[陳治生，1999]。相關於滲漏水性質之研究有防漏層透水性、滲漏水量估算模式、水理試驗、污染擴散模式、污染追蹤法、污染程度評估試驗、污染區視覺化等。而相關於污染土壤的淨化法有防止污染物質溶出（物理固化、化學反應、溶融固化、圍堵）、控制滲漏水流（圍堵、重金屬電氣分離、抽除滲漏水再處理）、去除物質（去除土壤、抽除氣體瓦斯）、微生物分解、化學分解、物理分解等，係以環境基準為淨化目標值[Kosson *et al.*, 2002]

二、抗剪強度

試驗垃圾層之抗剪強度乃為邊坡穩定分析用，陳榮河(1990)及 Anderson *et al.*, (1992)論述了掩埋場之穩定分析方法、分析參數試驗法及注意事項；須分析在一般、地震、暴雨三種狀況下之邊坡穩定安全係數。於垃圾層之邊坡穩定分析上，所需之輸入參數為其凝聚力、摩擦角、含水量及單位重；因為垃圾層之組成複雜，且邊坡穩定分析將直接影響復育工程之施作方式及經費，故須個案施行抗剪試驗（直接剪力試驗或三軸壓縮試驗）以求此等參數。鄭介眉（2003）於台北縣八里下罟子掩埋場現地採取試體進行直接剪力試驗，所得的平均凝聚力為 $1.52 \text{ ton}/\text{m}^2$ 、平均摩擦角為 33.0° ；並推導出不同垃圾層深度與垃圾單位重之關係式，此等結果可作為爾後復育工程設計之參考。此

外，亦可使用物理探查試驗法求垃圾層之抗剪強度，惟其波速與垃圾組成之對應關係仍有待探討[Oda and Shinnsi, 1997]。

三、沉陷

封閉之掩埋場大多會被復育並興建設施以提昇社會機能，因而彰顯出預測垃圾層沈陷量及沈陷速率之重要性；然而，垃圾性質迥異於一般土壤。土壤力學之沈陷預估模式並沒有考慮生物分解作用，而掩埋場之有機物會藉由分解使其固體成份體積減少、孔隙增加、結構變弱，導致除因荷重造成之主要沈陷(Primary settlement)以外的次要沈陷(Secondary settlement)；因此欲精確預估垃圾掩埋場之沈陷行為，必須考慮次要沈陷。有鑑於此，已有諸多學者致力於所謂的「垃圾力學沈陷理論」之研究；發現孔隙率大、有機物含量多者，其沈陷皆較大；生物分解常數大者，最終沈陷結束所需時間短；空氣傳導係數大者，主要壓縮沈陷所需時間短等通性[Yen and Scanlon, 1975; Wall and Zeiss, 1992; Stulgis *et al.*, 1995; Bleiker *et al.*, 1995; El-Fadel *et al.*, 1996; Park and Lee, 1997]。黃榮良(2000)由產氣速率與沈陷速率之觀點，探討垃圾掩埋場之沈陷行為，並推導出可合理描述掩埋場沈陷的理論模式，其模擬沉陷趨勢相近於前人之研究，建議國內須加力學強參數試驗法之相關研究。

於日本，相關於掩埋場復育、場址穩定工程之法令變遷如下述：

- 1970：制定廢棄物處理法，定義「掩埋」及「廢棄物掩埋地層」；
- 1976：制定一般廢棄物掩埋場的申請制度、限定廢棄物掩埋地層之組成物；
- 1977：制定廢棄物掩埋地層之「構造基準」及「維持管理基準」；
- 1998：修訂「構造基準」及「維持管理基準」，增訂廢棄物掩埋地層之安定化事項；

2000：刊行「管理型廢棄物掩埋護岸之設計、施工、管理手冊」。

惟日本學者仍認為於復育、場址穩定掩埋場方面尚有下列課題待探討[Shimizu, 2003]：

1. 掩埋場復育社會策略（居民意識），
2. 掩埋場穩定化工程策略，
3. 場址穩定分析法，
4. 垃圾層性質之調查及試驗法，
5. 構造物基礎對防滲漏水設施之影響性，
6. 風險評估等。

2.3 治理方式評估

本計畫所構思之封閉掩埋場治理方式為場址穩定、復育及移除；其名詞意涵於「場址穩定」為施做相關於場址穩定化構造物之工程(休閒設施、表土植生、防雨水滲入層、排氣井、邊坡處理、擋土牆、駁坎、滲漏水蒐集管路、滲漏水處理廠、週邊排水設施等)，於「復育」為在最終覆土上植生並佈置地表、週邊排水設施；於「移除」含開挖、分類、可資源化垃圾回收、可燃垃圾焚化、剩餘土石方再利用、舊場址土地開發利用等內容。

前述三種掩埋場治理方式之經費其實差異不大；但其具有優先順序關係，即「場址穩定」為第一優先，因為掩埋場只有在穩定之情況下方能繼續營運或進行復育。而如掩埋場址已被判釋屬於不穩定者，則以「移除」為上策。

社會上普遍贊成應設掩埋場處理垃圾，但場址附近居民皆反對，既存者也盼其封閉、最好能移除；縱使不能移除也期待有適度的回饋

制度，如降低應繳交之垃圾處理費或補償金等。高傳盛（1999）以台北市民為對象，使用非財貨之假設市場條件經濟效益評估法誘引受訪者出價，並以間斷式存活模型進行分析；發現掩埋場附近居民願付之垃圾處理費為每月 45.9 元，而期待之補償金為每戶每月 670.9 元。

在評估封閉掩埋場之後續治理方式上，係以考量滲漏水污染、場址穩定性、週邊環境影響、社會機能及土地利用等為重，於學理上可將其更具體的分成社會環境、土地利用、大地安全性、環境安全性及環境風險，五大類別；一般須透過統計層級分析手法綜合考量其利弊權重，再據以評估治理方式[ASTM, 2000]。其中以環境風險最為困難，其含學理法則、風險產生環節、風險原因調查、風險估算及降低風險技術等意涵。於掩埋場之環境風險範疇極為廣泛，例如於滲漏水單項即含評估空間範圍界定、監測物理化學性質設定、監測標準值設定、擴散分析評估、有害物自然衰減解析及綜合風險評估等，至為複雜且困難[Nakashima, 2004]。風險評估後所需採取之對策為風險管理，而風險交流則為其最新之概念，即應以工程面之品質及數據，說服居民安心以提昇其信賴性 [Kamon *et al.*, 1999]。

2.4 移除工程

基本上，垃圾掩埋場之移除工程含五大作業程序[Harvey and David, 1995]：

1. 先將水、空氣或下水道污泥等注入垃圾層以提昇其好養性，再由通氣井排除空氣及水分，促進垃圾分解速率；
2. 開挖掩埋場，移除垃圾；
3. 分類垃圾成單獨物質（鐵、鋁、玻璃、木、橡膠、塑膠、紙、纖維、剩餘土石方等），至少須分類出剩餘土石方；

4. 適當處理各類物質，如不可燃物（鐵、鋁、玻璃等）、可燃物（木、橡膠、塑膠、紙等）及剩餘土石方，至少要有剩餘土石方之處理策略，因為其處理費用約佔掩埋場移除工程費之 80%；
5. 回填剩餘土石方，原則上將掩埋場址恢復成使用前之狀態。

國外文獻將垃圾掩埋場之移除工程稱之為“Landfill mining”或“Landfill Reclamation”，意指移除垃圾有如挖礦坑般，其有價物（不可燃物、剩餘土石方、土地資源等）也能創造商機，且再利用剩餘土石方可減少地方政府於其他工程所應支付之借土費用。而對環境開發公司而言，其潛在利潤為擴大場址增加基金補助額、有更多資金購置新設備、提昇設備使用率、強化公司體質及業績、剩餘土石方可再用於其他工程等[Morelli, 1990]。

掩埋場移除計畫之成本效益事前分析主要含四步驟[Van der Zee *et al.*, 2003]：

- 步驟一：選場址（瞭解程度、土地開發效益、有價物資源化可能性、地方政府心態、居民需求等），
- 步驟二：調查場址性質指標（環境風險、位置、距離、有價物量等），
- 步驟三：經費估算（調查費、開挖費、分類費、不可燃物處理費、人事費、管理費、有價物收入、土地開發收入等），
- 步驟四：成本效益評估及現地確認。

於分類方面，分類單價將依物質分類及剩餘土石方分篩層級而定；若以國內移除工程為例，水利署所訂定之分類單價為 400 元/ m^3 ，其所處理過之河道垃圾掩埋場體積介於 20,000 m^3 ~80,000 m^3 ，則其分類經費為八百萬元至三千二百萬元間，約佔總處理費之 24%。

另於分類作業流程方面，茲以國內執行中的內湖垃圾山移除工程

為例說明之，參閱圖 1，其起用於 1970 年封閉於 1885 年，佔地面積 15 ha、總量 3,120,000 m³，約有三分之一的體積量位置於基隆河行水區內。其移除工程係以統包方式執行，總工程費 13.8 億元，於 2006 年 9 月發包，工期為 2006 年 10 月 14 日~2011 年 1 月 10 日計 1550 日曆天。



圖 1 內湖垃圾山實景 (2007 年 4 月)

主要工程內容為開挖垃圾、垃圾分類及其他工程，其細目如下：
垃圾分類：不可燃物回收資源化、可燃物焚化、剩餘土石方再利用及委外清運、其他物質委外處理等，
其他工程：排水、堤防及高灘地保護、水保、環保措施、植生綠美化、滲出水收集管線、工安等。

見圖 2，此工程之分類作業如下所列，有明確的剩餘土石方處理策略及分類品質控制值(雜物含量小於 5%)，惟其作業規格高於筆者所接觸過已完工之所有移除工程。

1. 垃圾層挖出後，由卡車小搬運至粗分篩，篩出 30cm 以下之垃圾及篩出 0-5cm 料(小搬運堆置)；

2. 30cm 以下之垃圾經過「磁選機」選出鐵金屬；
3. 經「風選機」吹除可燃垃圾後，送入篩分鼓；
4. 篩分鼓分篩出「5-13cm」、「13-30cm」、「大於30cm」三種垃圾；
5. 將三種垃圾分別輸送至人工分選台，挑出可燃垃圾、資源回收物及電池等有害廢棄物，成為雜物含量小於5%之剩餘土石方；
6. 一部份剩餘土石方現地回填；
7. 一部份剩餘土石方運至山豬窟掩埋場復育用；
8. 無法消化之剩餘土石方委外清運；
9. 資源回收物由承包商變賣或委託資源再生工廠回收利用；
10. 則由承包商委託清除處理業者處理。

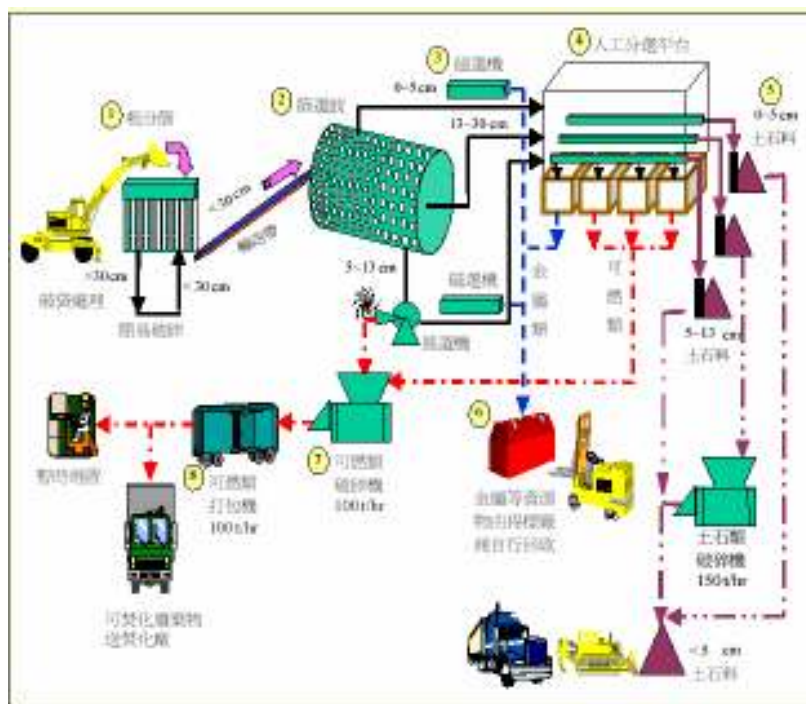


圖 2 內湖垃圾山移除工程之分類作業流程

2.5 垃圾資源化

垃圾之再生及再利用並非只是資源有效利用而已，於減少天然資源消費方面可緩和環境衝擊；而有效利用掩埋場址可再造自然環境及活絡土地利用。吾人應深刻反省大量生產、大量消費、大量廢棄之消費型社會經濟架構，並深思如何將現今之「消費型社會」轉型成「循環型社會」。被丟棄的物質，從消費環節視之是垃圾，而從生產環節視之是原料或可再利用物。

循環型社會之形成意識如下所述[Miki, 2003]：

1. 瞭解自然循環與經濟社會循環之關聯性：大氣、水、土壤、生物之生態平衡性會因人類之大量自然資源使用及製造垃圾而被破壞，宜擬定新資源採取最少化、垃圾最小化及再生資源最大化等策略；
2. 改變生活意識及行為方式，如二手貨市場、長期使用設計法、器具之租賃及維修等；
3. 強化垃圾循環利用系統，如成立區域性再生利用設施及生物處理場、生質能源場等；
4. 強化剩餘土石方循環利用系統，如法定要求於工區內或區域內再利用，規範中間處理流程、性質指標化及調查試驗法等；
5. 推動循環型社會市場，如開發垃圾潛在價值(Landfill mining 觀念)，垃圾再利用環境經濟評估等；
6. 政策面推動。

以下續對垃圾潛在價值開發、垃圾再利用環境經濟評估及政策面推動三項，回顧之。

一、垃圾潛在價值開發

垃圾因無顯現其潛在的資源價值而被拋棄，應由生產物連鎖上去擴大生產者的責任，續由生產物連鎖探討其潛在資源價值；或設計高資源效率且易再生利用之環境產品；或法規強制再生資源使用。垃圾潛在價值必須在市場經濟成立下方得以顯現出來，即必須考量處理費、再生費及市場價值。處理費 P_E 為將物質適當處理後排出自然環境之費用，再生費 P_R 為從物質裡取出資源之費用， P 表示市場價值；則 $P - P_R \geq 0$ 表示資源再利用市場成立，而 $P_R - P < P_E$ 表示尚有再生利用價值，另 $(P_R - P)$ 之費用應由排出事業者負擔[Hosoda, 2003]。

二、垃圾再利用環境經濟評估

Oomine and Matsuyuki (2003)以營建廢棄物為對象，評估其再生利用之環境經濟性；即一物資再生利用的環境經濟評估應含環境負荷費、建設材料費、綜合費之預測及再生利用經濟效益評估項。

環境負荷費：預測處理環境負荷之相關費用；

建設材料費：預測前提條件，估算新材料、再生資源化材料、廢棄物處理、輸送及物價上漲等費用；

綜合費：預測考慮新材料採取、建設現場、再資源化場、剩餘土石方處理場之費用，並加入能源消耗量、氣體排放量之生命週期綜合費用；

再生利用經濟效益評估：統合前述三種費用，建制預測模式，綜合評估一物質於再生利用有、無情況下之經濟效益差異性。

三、政策面推動

2000年日本物質收支約21.3億ton，其中35%是以垃圾及二氧化碳之形式排放，約僅10%被循環再利用。再生品不普及之原因為無使

用途（技術開發）、價格高（應考慮環境機能價值）、品質差、無法擴大使用（再生品環境影響）、世界經濟流通體制（可從他國便宜購入原料）等。推動物質再生利用之相關環節為評估（經費、安全性、環境負荷、輸送、潛在價值）、基準（品質、使用）、掩埋場移除、低能源物質循環系統、融資等。

日本政府為推動循環型社會，相繼整備下述法規[Miki, 2003; Ueda, 2003]：

1. 循環型社會形成推進基本法，
2. 循環基本計畫要點，
3. 廢棄物處理法」，
4. 再生資源有效利用促進法，
5. 建設再生利用法，
6. 食品再生利用法，
7. 自動車再生利用法，
8. 容器包裝再生利用法，
9. 家電再生利用法，
10. 綠能採購法等。

2.6 剩餘土石方

一、概述

「剩餘土石方(Soil-like material or Residual soil)」一詞係指營建廢棄物之土石部份，一般所指營建廢棄物再利用即以剩餘土石方為主體。大部份北歐國家，已在建築法中訂定使用回收建材比例之規定；如丹麥對營建廢棄物產生量達 1 ton 以上之工程，強制實施拆除分類作業，且對回收再利用之利益不課稅；荷蘭是由政府認可破碎及分類處

理場，並付予可施行最終處理之資格[摘自陳紹昀，2000]。日本於 1992 年頒行「再生資源有效利用促進法」，指導於營造工程，主辦機關、承包商、中央及地方公共團體之權責分工原則，以達促進營建廢棄物的再生利用效益 [(財)先端建設技術センター, 1992]。

1999 年 921 震災後，我國政府為以土木技術解決營建廢棄物問題，內政部特依據總統 88,9,25 發佈之緊急令擬定「因應九二一震災災後營建工程廢棄土處理緊急設置河川新生地土石方資源堆置處理場執行計畫」。內政部復於 2000 年頒行「營建剩餘土石方處理方案」；其所指剩餘土石方之種類包括建築工程、公共工程及建築物拆除工程施工等所產生之剩餘泥、土、砂、石、磚、瓦、混凝土塊，唯不包括施工所附帶產生之金屬屑、玻璃碎片、塑膠類、木屑、竹片、紙屑、瀝青等廢棄物。

剩餘土石方處理的最上策是再利用，其上游層面是法規，下游層面是再利用途（回填、道路、堤防、骨材、混凝土製品等）的通路，而通路上的關鍵環結是再利用技術；若一再利用途經技術層面驗證可行，則可據此技術擬定其相關規範，俾供設計上之依循。筆者已對 921 震災所產生之營建副產物組成及剩餘土石方諸性質做了系列性研究，相關成果含其物理、工程及力學性質等，並探討其於不同屬性工程之再利用性[楊朝平、聶俊華，2003； Yang and Wang, 2004]。

二、再利用途

剩餘土石方可直接用為工程土方，即路堤、堤防及新生地填方等處，台灣已有此等業績，如「臺中縣烏日鄉二高後續計畫快官草屯路段-烏日交流道路基及其高架橋下平面道路路基之填方」、「臺中港經濟部加工出口區二期工程填方」兩案例，其剩餘土石方之料源為分類

自臺中縣 921 震災建築拆除物。

國外將可再利用為混凝土骨材之剩餘土石方粗料稱為再生骨材 RCM (Reclaimed Concrete Material)，大多來自破碎混凝土塊；與天然骨材相比較，RCM 具有比重低、含泥量高、吸水率高、磨損率高及其製品強度略低之特性[Mabin, 1993; Hanks and Magni, 1989; ACPA, 1993; Yrjanson, 1989; 寺田雄俊，1995]。於國內亦有學者將 RCM 再利用於一般混凝土骨材、自充填高性能混凝土骨材、瀝青混凝土骨材上[沈德縣，2000；詹穎雯，2000；陳豪吉、廖惇治，2001]，並試製成魚礁、預鑄紐澤西護欄與消波塊上[顏聰，2000]。雖然剩餘土石方用為 RCM 較具經濟價值，惟於國內目前因分類單價高及無可依循之規範等原因，致被接受度尚低。

此外，一般於垃圾分類時會先將粒徑小於 2.54cm (1")之細料篩選出來，因為此料含較高比例之有機物，故不被考慮再利用為工程土方，但是可思考是否能再利用為沃土。例如有很多土方構造物(路堤、海堤、河堤、住宅區邊坡等)在被建構完成後尚須施行邊坡防侵蝕、防滑動之保護措施，而最具生態性、環境協和性的保護措施是植生綠美化。植生需使用沃土，而一般對其品質之規範較籠統且寬鬆，只要求為近似農地之壤土即可[水利署，1991；農業委員會，1996]。將細料再利用為「邊坡沃土」，除能緩和國內沃土取得不易之窘境外，其再利用方式更具低耗能性、大量性及生態性等特點。

三、剩餘土石方之雜物含量管制

垃圾分類工程之品質估驗指標為剩餘土石方雜物(橡膠、塑膠、金屬、植物)含量，故於招標文件裡須明定其雜物含量容許值。有著書認為土壤中之雜含量在 2~4%左右，就會影響其工程性質[日本土質

工學會，1985]。Franklin et al. (1973) 觀察土壤中的下水道污泥含量對其夯實行為、強度的影響，發現隨污泥含量之增加其最佳含水量增大，而最大乾單位重、無圍壓縮強度遞減，此種變化趨勢於污泥含量大於 8% 時更為顯著。Lancaster et al. (1996) 建議若土壤之有機物含量大於 10% 時，不適用為待夯實改良之土料。

再利用剩餘土石方之關鍵作業是分類，若將雜物含量容許值訂太嚴緊，則可能增加分類單價或甚至無法達到要求。筆者以 921 震災拆除物中粒徑小於 2.54 cm 之剩餘土石方為原始試料，調製四種雜物含量後，分別對其施行工程性質（夯實、加州承載比）試驗，並觀察之。發現(1)於土質物較多之剩餘土石方，雜物含量對其夯實性質有影響，即隨著雜物含量的增加其夯實曲線向右下方遷移；(2)於混凝土廢料較多之剩餘土石方，雖無法觀察出雜物對其夯實性質的明顯影響趨勢，惟可觀察出於雜物含量大於 2.0% 試料之夯實最大乾單位重趨小；(3)無法觀察出雜物含量對加州承載比的明顯影響性；(4)考慮國內廠商分類能力及雜物含量對剩餘土石方夯實性質的影響性，建議訂重量比之雜物含量容許值為 1.5% [Yang and Wang, 2004]。

四、級配調整

剩餘土石方之工程、力學性質因粒徑分布特性（或稱級配）而異，粒徑分布廣者級配佳、性質好。然而，若以內湖垃圾山移除工程為例，其由篩分鼓分篩出之剩餘土石方粒徑分成小於 5 cm、5-13 cm、13-30 cm、大於 30 cm 四組，若將其單獨使用為工程土方皆屬於級配不佳者，而有待調整級配。

筆者亦使用前述 921 震災之剩餘土石方原始試料，調製六種不同級配之試驗材料，分別對其施行工程性質試驗；發現(1)當停留 4 號篩

土料含量大於60%時，其被夯實後之破碎度明顯變大；(2) 級配對剩餘土石方之夯實性質及加州承載比影響大；(3)以通過4號篩土料含量約為四成者較佳 [Yang and Wang, 2004]。

此外，剩餘土石方的使用單位尚需依構造物性質限制最大粒徑，或視其夯實性質、輾壓工作性調整級配。如依交通部公路總局之規定，最大粒徑於路基材不得大於 30 cm、於底層及基層不得大於 15 cm，作為底層級配料應符合級配規定[台灣省交通處公路局，1997]。國道興建工局於烏日交流道路基，乃將剩餘土石方與天然土依 3.5:6.5 比例拌成混合料後再鋪築，限定剩餘土石方之粒徑為 2~10 cm。

2.7 模糊層級分析法

本計畫擬使用模糊層級分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)，建制從復育、場址穩定及移除三種治理方式中，判釋最佳治理方式之評估模式；FAHP 屬多重準則決策方法。一待決策項往往具有多重屬性且相互影響，因此在評估時對相關屬性因素有必要進行整體考量與綜合性評估；此種將決策多重因素函數化，以數值評估出決策目標之學理稱多重準則決策法。其內涵為設 $x = \{x_i\}$ 是一群決策判斷準則之有限集合， $G = \{g_i\}$ 是可能決策之有限集合，則可藉 FAHP 根據 $\{x_i\}$ 綜合評估出最佳決策之 g_i 。唯於 FAHP 依 $\{x_i\}$ 評估可能決策時，需依目的建立判斷準則間之權重體系，此權重體系之衡量依據則來自意見調查資料，此等資料被要求需通過一致性檢定 [Satty, 1980, 1986]。

FAHP 發展之目的，是將複雜的問題系統加以簡化，利用層級結構將不同的層面給予層級分解，量化判斷後加以綜合評估，提供適當

的方案供決策者更充份之資訊，以減少決策錯誤的風險。FAHP 的應用範圍廣泛，如應用於可行方案產生、最佳方案選擇、需要條件決定、依據成本效益分析制定決策、資源分配、預測結果、風險評估、衡量績效、系統設計、確保系統穩定性、最適化、衝突解決及優先順序決定等[賴光真，1998；陳麗珠、吳政穎，1999；馮正民、李穗玲，2000；黃開明，2002]。

筆者也使用 FAHP，根據工程查核資料，排序交通工程執行之影響因素，此等成果已發表於國際知名期刊上[Yang, 2006; Yang, 2007a, 2007b]。因為 FAHP 可顯示決策者對準則間的比較是否具有連貫性與邏輯性，進而得以建立其權種體系，故符合本計畫決策掩埋場最佳治理方式之目的及需求。

第三章 研究方法

97 年度計畫之作業內容如下，於本章茲對此等研究方法說明之。

1. 治理方式探討，
2. 治理規劃作業要點之擬定，
3. 確定最佳化治理方式決策模式之意涵，
4. 決策模式建制之問卷調查及分析，
5. 決策模式之層級架構建立，
6. 剩餘土石方之可再利用途確立。

3.1 治理方式探討方法

於進行此項工作上，首先須掌握台灣地區的垃圾掩埋場現況；根據環境保護署（2006），「垃圾掩埋場總體檢委託專業工作計畫成果報告書(EPA-95-Z102-02-201)」，台灣地區約有537處垃圾掩埋場，其中營運中的有145場、封閉的有383場、興建中有4場、待用中有5場。而本計劃係以封閉垃圾掩埋場為對象，所構思之治理方式為復育、場址穩定及移除。

一、復育

為在施行公害防治工程（場址穩定、滲出水收集與監測系統、廢氣收集與監測系統等）後，續於最終覆土上植生，並佈置地表及週邊排水設施等，再將其闢建為社區公園、綜合運動公園、海濱遊憩公園、登山休閒公園或健康公園等不同功用之社區活動區域。

二、場址穩定

為施做相關於場址穩定化之大地工程構造物，如防雨水滲入層、排氣

井、邊坡處理、擋土牆、駁坎、滲漏水蒐集管路、滲漏水處理廠、週邊排水設施、長期監測設備等，但或許因場址偏僻而無整治成社區活動區域之需求。

三、移除

含開挖、分類、可資源化垃圾回收、可燃垃圾焚化、剩餘土石方再利用、舊場址土地開發利用等內容。

由前述治理工程內容約略可知曉，三種掩埋場治理方式之經費其實差異不大；但其具有優先順序關係，即「場址穩定」為第一優先，因為掩埋場只有在穩定之情況下方能繼續營運或進行復育。而如掩埋場址已被判釋屬於不穩定者，則以「移除」為上策。然而，復育及場址穩定之治理方式仍存二次災害風險，而移除治理方式不但可徹底解決問題，且能達垃圾資源化(Landfill mining)及提升週邊土地利用價值之功效。

3.2 治理規劃作業要點之擬定方法

綜觀地方政府或水利署等機構在執行掩埋場治理時，大多在無審慎規劃下就直接進入工程之設計與施工，因為無詳加思考工地內外之相關行政環節配合性及治理策略等，而往往會引發多次設計變更及工程窒礙難行等窘境。或許是因為預算執行時間壓力而無法預做治理規劃，但無審慎規劃之工程必有不慮之處，反而會在工程執行時延宕工期。故治理規劃作業要點應含與掩埋場治理工程相關法規、垃圾組成初步調查及社會環境、土地利用、大地安全性、環境安全性、二次災害風險等範疇，並擬出可能的處理策略（如不可燃物、可燃物、其他物質之最終處理策略，剩餘土石方再利用或處理策略等），且須評估

各種策略之優缺點俾供主辦機關定鑒。

3.3 最佳化治理方式決策模式意涵之確定方法

當主辦機關在決策治理方式時，原則上應專業性的綜合考量各種因素，但往往會受到經費、居民意願及政治力之干擾而難決定。為此，本計畫擬建制一專業性、客觀性的「最佳化治理方式決策模式」，提供使用。

大多的事物具有多重屬性且相互影響，因此在評估事物時，對相關屬性因素有必要進行整體考量與綜合性評估；此種將決策多重因素函數化，以數值評估出決策目標之學理稱多重準則決策法（FAHP）。其內涵為設 $x = \{x_i\}$ 是一群決策判斷準則之有限集合， $G = \{g_i\}$ 是可能決策之有限集合，則可藉層級分析法 FAHP（Fuzzy Analytic Hierarchy Process）根據 $\{x_i\}$ 綜合評估出最佳決策之 g_i 。

將決策評估系統建立成層級結構具有以下優點：

1. 利用要素個體形成層級形式，易達成工作。
2. 有助於描述高層級要素對低層級要素的影響程度。
3. 對整個系統的結構面與功能面，能詳細的描述。
4. 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。
5. 層級具有穩定性與賦彈性，亦即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。

FAHP 之假設及限制為：

1. 系統可被分解成許多類別，形成一網狀層級結構。
2. 每一層級的因素均需有互相關係及性質獨立性。
3. 每一層級內之因素，可用上一層級一部分或所有因素進行評估。

4. 比較評估時，須使用比例尺度。
5. 成對比較後，需使用正倒值矩陣處理。
6. 偏好關係滿足遞移性；不僅「優劣關係」滿足遞移性（A 優於 B，B 優於 C，則 A 優於 C）；「權種強度關係」也滿足遞移性（A 優於 B 二倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍）。
7. 可容許不具遞移性的存在，但必須測試其一致性的程度。
8. 因素的優勢程度可用加權法則求得。
9. 任何因素只要出現在階層結構中，不論其優勢程度如何，均被認為與整個評估結構有關。

FAHP 發展之目的，是將複雜的問題系統加以簡化，利用層級結構將不同的層面給予層級分解，量化判斷後加以綜合評合，提供適當的方案供決策者更充份之資訊，以減少決策錯誤的風險。FAHP 具有將複雜問題系統化的特性，且可擷取大多數決策者的意見，因而廣為學術及實務界使用。

3.4 決策模式建制之問卷調查及分析方法

此決策模式之建制流程，共含四個步驟：

1. 治理方式內涵探討。
2. 參閱其他子計畫彙整可能影響因素。
3. 施行問卷調查。
4. 導入 Borda Function 篩選指標，篩選出主要影響因素

當各類別之可能影響因素過多時，會增加 FAHP 分析之干擾，而降低層級分析之效率；故須透過問卷調查，從可能影響因素中篩選出

主要影響因素。參閱圖 3，此項含問卷調查表之製作、施行、諮詢、回收、過濾等作業，再統計處理有效問卷數據，並導入 Borda Function 指標據以篩選出主要影響因素。

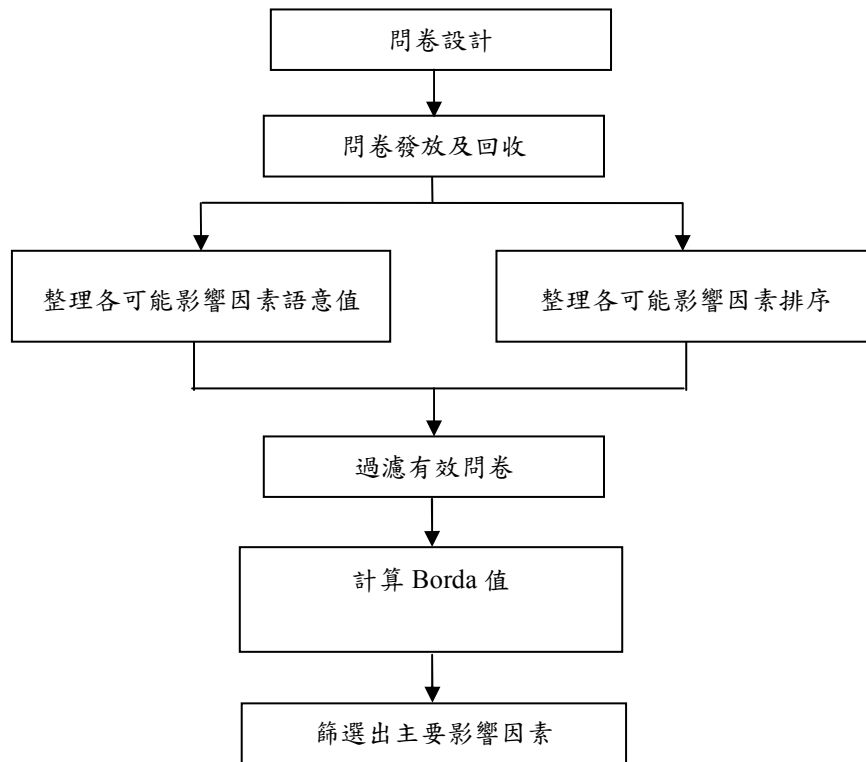


圖 3 問卷調查、分析流程

根據前節所述之五大影響類別及其所屬之影響因素，製作如表 1 之「主要影響因素篩選問卷」。問卷調查採七點量表語意值方式呈現，分別為非常重要、重要、有點重要、無意見、有點不重要、不重要、完全不重要，並請各受訪者對影響因素給予強迫排序，依序給予 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0 之順位值。接續，採式(1)之 Borda's Function 計算 Borda 值 $f_B(x)$ ，原則上依 Borda 值之大小排序來刪減影響因素至較重要五項；但若某項影響因素之 Borda 值未超過前項之 50%，則不進取。

$$f_B(x) = \sum_{y \in A} (i : xPi \cdot y) \quad (1)$$

i : 表示第二層之項次。

$f_B(x)$: 影響因素 x 之 Borda 值

xPi : 影響因素 x 在 Pi 情況下的順位值(6, 5, 4, 3, 2, 1, 0)

y : 在 A 集合中偏好 xPi 情況下之總個數

表 1 主要影響因素篩選問卷

性別：	教育程度：					
職業：	年齡：					
	社會環境類別					
	完全	不重	有點	無意	有點	重
	不重	要	不重	見	重	非
影響因素之重要程度	要		要		要	常
						重
1. 人口密度						
2. 道路長度						
3. 相關計畫						
4. 產業組成						
5. 剩餘土石方再利用性						
6. 居民意見						
7. 休閒遊憩機能面積比						
8. 預算						
	土地利用類別					
	完全	不重	有點	無意	有點	重
	不重	要	不重	見	重	非
影響因素之重要程度	要		要		要	常
						重
1. 坡度						
2. 地目						
3. 基地規模						
4. 土地利用潛勢						
5. 河岸接近程度						
6. 學校機關接近程度						
7. 住家接近程度						
8. 養殖業者接近程度						
9. 休閒遊憩場接近程度						

大地安全類別

影響因素之重要程度	完全 不 重 要	不 重 要	有 點 不 重 要	無 意 見	有 點 重 要	重 要	非 常 重 要
1. 斷層數							
2. 岩層種類							
3. 地形							
4. 土層性質							
5. 場址植被覆蓋率							
6. 週邊植被覆蓋率							
7. 山崩潛感							
8. 掩埋體沉陷潛勢							

環境安全類別

影響因素之重要程度	完全 不 重 要	不 重 要	有 點 不 重 要	無 意 見	有 點 重 要	重 要	非 常 重 要
1. 降雨量							
2. 易淹水性							
3. 地表水污染程度							
4. 土壤污染程度							
5. 空氣污染程度							
6. 生態衝擊程度							
7. 景觀衝擊程度							
8. 粉塵污染程度							

二次災害風險類別

影響因素之重要程度	完全 不 重 要	不 重 要	有 點 不 重 要	無 意 見	有 點 重 要	重 要	非 常 重 要
1. 地下水污染程度							
2. 淹水深度							
3. 場址邊坡穩定安全係數							
4. 場址擋土設施現況							
5. 防滲漏設施現況							
6. 健康風險							
7. 人身安全風險							

註：1. 於您讀題後，居於對垃圾掩埋場治理方式之瞭解，請於對應空欄處勾選一重要程度項。

2. 於您讀題後，居於對垃圾掩埋場治理方式之瞭解，若

沒有特別的感覺或可有可無，請勾選「無意見」欄。

3.5 決策模式層級架構之建立方法

在篩選出主要影響因素後，即可進行決策模式之層級架構建立；所建立決策模式層級架構之第一層為標的（掩埋場治理），第二層為決策層面（五大影響類別），第三層為準則（五大影響類別之主要影響因素）。續製定各主要影響因素分級指標及其分級評分值。

3.6 剩餘土石方可再利用用途之確立方法

由文獻回顧內容知曉，剩餘土石方之細料可再利用為回填工程土方、使用中之掩埋場覆土，粗料可再利用為骨材或級配層，卵石可再利用於砌石構造物上；而如於河溪整治工程，剩餘土石方可再利用於路基、堤身、堤頂、護坡工、邊坡基礎工、護坦工、固床工及堤身綠美化等處，再利用用途甚廣。將建議剩餘土石方之可能再利用用途及注意事項。

第四章 研究結果

4.1 治理方式探討結果

在評估封閉掩埋場之後續治理方式上，係以考量滲漏水污染、場址穩定性、週邊環境影響、社會機能及土地利用等為重，於學理上可將其更具體的分成社會環境、土地利用、大地安全性、環境安全性及環境風險等。以下續說明三種治理方式之內涵。

一、復育

垃圾掩埋場在闢建時、操作中均會造成當地居民生活上諸多不便，而當掩埋場使用完畢封閉後，所產生之新生土地，理應將其利益回歸於當地居民。在掩埋場的二次公害防治工程完成之後，其復育計畫主要的工程為覆蓋系統及植生綠化。

覆蓋系統可包含以下幾部份：表土層、保護層、排水層、阻水層與集氣層，但並非必須全部皆有，根據當地狀況之不同、需求不同而可有不同之設計。

1. 表土層：主要提供植物生長與蒸散作用，並可以防止侵蝕及風化，主要材料為土壤或是地工合成材。
2. 保護層：主要功能在於可以貯存水分至水被蒸發為止，並可防止動植物與人為的侵害，也可避免底層因乾、濕變化而產生裂縫。
3. 排水層：由於下雨及表面逕流入滲水，在此層中需鋪設地工合成材以利排水，其主要功能為減少入滲至垃圾中的水量、減少覆蓋層的水壓力以維持邊坡穩定。

4. 阻水層：為覆蓋系統最關鍵的部份，最主要功能為防止雨水入滲；傳統設計上利用夯實粘土層，但有施工不易、易因冰凍而破壞、因垃圾的差異沈陷而有拉力破壞等缺點，故另外還有 GCL(geosynthetic clay liner)與 GL (geomembrane liner)納入設計單元的設計方式。
5. 氣體收集層：功能為將垃圾分解產生的氣體傳至收集點再將之移除，一般材料有砂、合成材與格網。

另一方面，植生綠化係指以人工植栽作環境綠化的行為；在垃圾掩埋場上實施綠化，因為其物質組成複雜（含有機物、塑膠、橡皮、玻璃、礦物等之不定形顆粒及碎片），自與一般土壤大相逕庭。雖然如此，不論藉由人為植栽或次生演替，皆以得以成活的植物根系發展，達成加速垃圾分解速率、盤結結構不斷變化的分層覆土為要素，使之不致激烈崩解或外露。而於植栽方面，事實上，對掩埋場或其他任何地區，除非有特定空氣污染、過高地溫，否則以人為客土、盆栽及適度之養護，則無有不成活之植生；除非掩埋場被刻意加以土地利用方式，否則不須訴諸人工特定植栽。人工植栽如草坪、球場、綠籬、蓄水池旁、涼庭、棚架、行道樹等，均可依照目前市面一般方式施業；在無法孕育一般植生處，若僅考慮綠化景觀之效益，或可直接援用公路岩坡之植生工程方式。唯凡此均須配合蓄水池、供水設施及土地利用計劃而施行；原則上如隔離垃圾基質即可孕育任何宜栽或刻意設計之植栽。

二、場址穩定

垃圾掩埋場址穩定偏重大地工程構造物，故須施行含現地堪查及鑽探之土層調查，藉以知曉地層分佈、垃圾基質、標準貫入試驗值，

並採取土樣供土壤性質試驗用。若掩埋完成面均按規劃設計高度辦理，未任意加高以增加容量者，其垃圾層穩定性問題不大；至於過度加高或以往規劃設計階段未考慮穩定性問題者，應檢討其穩定性。垃圾掩埋場的邊坡破壞型式有（1）掩埋場內邊坡的滑動破壞、（2）掩埋場側邊坡上的合成膜布墊層破壞、（3）掩埋場底部基礎破壞而導致垃圾邊坡的破壞及（4）垃圾內部的剪力破壞。

掩埋場側邊坡的穩定，本質上即為一大地工程邊坡穩定問題，一般最常用的分析方法就是假設破壞形狀為一圓弧狀，並在圓弧內將其切片，以力學上的極限平衡法求得其安全係數。也有學者用有限元素法分析，但是由於極限平衡法可以計算機即可檢核邊坡安全係數，有其方便、迅速的好處，故應用中大多以極限平衡法計算。若安全係數不足、須就潛在之破壞面、以適當之擋土設施、甚致施打抗滑樁之方式補救。

三、移除

社會上普遍贊成應設掩埋場處理垃圾，但場址附近居民皆反對，既存者也盼其封閉、最好能移除；縱使不能移除也期待有適度的回饋制度，如降低應繳交之垃圾處理費或補償金等。此外，由環保署網站，得知正在進行或申請掩埋場封閉案件之工程項目有從場址穩定、復育（或稱綠美化）轉成垃圾分類、移除、土地再利用之趨勢。基本上，垃圾掩埋場之移除工程含五大作業程序：

6. 先將水、空氣或下水道污泥等注入垃圾層以提昇其好養性，再由通氣井排除空氣及水分，促進垃圾分解速率；
7. 開挖掩埋場，移除垃圾；
8. 分類垃圾成單獨物質（鐵、鋁、玻璃、木、橡膠、塑膠、紙、纖

- 維、剩餘土石方等)，至少須分類出剩餘土石方；
9. 適當處理各類物質，如不可燃物（鐵、鋁、玻璃等）、可燃物（木、橡膠、塑膠、紙等）及剩餘土石方，至少要有剩餘土石方之處理策略，因為其處理費用約佔掩埋場移除工程費之 80%；
10. 回填剩餘土石方，原則上將掩埋場址恢復成使用前之狀態。

國外文獻將垃圾掩埋場之移除工程稱之為“Landfill mining”或“Landfill Reclamation”，意指移除垃圾有如挖礦坑般，其分類有價物（不可燃物、剩餘土石方、土地資源等）也能創造商機，且再利用剩餘土石方可減少地方政府於其他工程所應支付之借土費用。其主要工程內容為開挖垃圾、垃圾分類及其他工程，細目如下：

垃圾分類：不可燃物回收資源化、可燃物焚化、剩餘土石方再利用及委外清運、其他物質委外處理等，

其他工程：排水、堤防及高灘地保護、水保、環保措施、植生綠美化、滲出水收集管線、工安等。

4.2 所擬定之治理規劃作業要點

若根據「事業廢棄物再利用種類及管理方式（內政部）」，事業廢棄物被分類為編號一~編號八，而垃圾場之掩埋物質亦可全歸屬至八大編號種類裡；其中編號八係指營建事業所產生之廢棄物，其亦約可全含垃圾場之無毒性掩埋物質。而從工程觀點，另可將營建事業廢棄物分成[A類]無法回收再利用之材料、[B類]可回收再利用之材料（木材、玻璃、金屬、橡塑膠、廢瀝青混凝土等）、[C類]（混凝土、磚、瓦、陶瓷等）及[D類]可直接再利用資源（砂、石、土、泥），其中A類之適用法規為「廢棄物清理法（環保署）」，B類之適用法規為

「營建事業廢棄物再利用管理辦法（內政部）」。C類在分類前之適用法規為「營建事業廢棄物再利用管理辦法（內政部）」，而分類後之適用法規為「營建剩餘土石方處理方案（營建署）」。

茲條列本計畫所擬之治理規劃作業要點如下：

1. 治理規劃緣起及內容說明（目標、範圍、作業項目、進度及預期成果等）。
2. 相關於垃圾掩埋場處理法規之說明。
3. 掩埋場周邊相關計畫之說明。
4. 掩埋場基本資料蒐集（設置地點、營運期間、面積、掩埋容量、相關工程設施經費、垃圾種類、使用年限、剩餘容量、操作維護、監測數據、專責人員配置、違規及糾紛案件等）。
5. 現地勘察（滲漏水污染、場址穩定性、週邊環境影響、社會機能、人口分布及土地利用等情形）。
6. 土層調查（鑽探、地層分佈、垃圾基質、標準貫入試驗值，採樣、物理性質試驗、力學性質試驗等）。
7. 場址穩定分析、穩定工法建議、設施位置及經費等作業。
8. 復育工程項目、設施配置及經費等作業。
9. 移除工程項目、分類作業流程、資源再利用及經費等作業。
10. 場址穩定、復育及移除三種治理方案之相關工程技術規範之提出。
11. 居民說明會及治理方式意見調查之辦理。
12. 治理方案綜合評估（優缺點、社會條件、場址風險、居民意見、土地利用及經費等）。
13. 報告撰寫。

4.3 最佳化治理方式決策模式意涵

下列為所考慮之模式意涵：

1. 確定待治理之對象為封閉掩埋場，
2. 確定待決策之治理方式為復育、場址穩定及移除，
3. 確定評估模式之建制法則為模糊層級分析法 FAHP，
4. 確定模式之考慮影響類別為社會環境、土地利用、大地安全性、環境安全及二次災害風險，
5. 確定各影響類別之可能影響因素。

於確定各影響類別之可能影響因素方面，茲彙整相關於垃圾掩埋場治理方式決策於社會環境、土地利用、大地安全性、環境安全及二次災害風險之可能影響因素如下所列。

A. 社會環境類別

人口密度、道路長度、相關計畫、產業組成、剩餘土石方再利用性、居民意見、休閒遊憩機能面積比及預算，計 8 項。

B. 土地利用類別

坡度、地目、基地規模、土地利用潛勢、河岸接近程度、學校機關接近程度、住家接近程度、養殖業者接近程度及休閒遊憩場接近程度，計 9 項。

C. 大地安全類別

斷層數、岩層種類、地形、土層性質、場址植被覆蓋率、週邊植被覆蓋率、山崩潛感及掩埋體沉陷潛勢，計 8 項。

D. 環境安全類別

降雨量、易淹水性、地表水污染程度、土壤污染程度、空氣污染程度、生態衝擊程度、景觀衝擊程度及粉塵污染程度，計 8 項。

E. 二次災害風險類別

地下水污染程度、淹水深度、場址邊坡穩定安全係數、場址擋土設施現況、防滲漏設施現況、健康風險及人身安全風險，計 7 項。

4.4 決策模式建制之問卷調查及分析結果

於問卷調查之施行上，先告知受訪者問卷目的、內容及填寫方法後，在不預設立場之情形下，請各受訪者依其經驗及知識填寫問卷；回收問卷時須確認填寫內容，以提升有效問卷數，共計 40 份問卷。

經彙整各問卷所填可能影響因素之語意值及其排序後，依循式(1)計算其 Borda 值，再度過濾有無 Borda 值與排序矛盾者（若有視為無效問卷）；經確認此 40 份問卷皆為有效問卷。表 2、表 3、表 4、表 5 及表 6，分別列出社會環境類別、土地利用類別、大地安全類別、環境安全類別及二次災害風險類別裡各影響因素之 Borda 值。

表 2 社會環境類別各可能影響因素之 Borda 值

社會環境類別影響因素	Borda 值	是否篩選 為主要影 響因素
1. 人口密度	438	是
2. 道路長度	224	是
3. 相關計畫	206	否
4. 產業組成	292	是
5. 剩餘土石方再利用性	407	是
6. 居民意見	193	否
7. 休閒遊憩機能面積比	115	否
8. 預算	381	是

表 3 土地利用類別各可能影響因素之 Borda 值

社會環境類別影響因素	Borda 值	是否篩選 為主要影 響因素
1. 坡度	457	是
2. 地目	338	是
3. 基地規模	361	是
4. 土地利用潛勢	404	是
5. 河岸接近程度	153	否
6. 學校機關接近程度	144	否
7. 住家接近程度	139	否
8. 養殖業者接近程度	134	否
9. 休閒遊憩場接近程度	126	否

表 4 大地安全類別各可能影響因素之 Borda 值

社會環境類別影響因素	Borda 值	是否篩選 為主要影 響因素
1. 斷層數	259	是
2. 岩層種類	132	否
3. 地形	462	是
4. 土層性質	431	是
5. 場址植被覆蓋率	175	否
6. 週邊植被覆蓋率	331	是
7. 山崩潛感	385	是
8. 掩埋體沉陷潛勢	81	否

表 5 環境安全類別各可能影響因素之 Borda 值

社會環境類別影響因素	Borda 值	是否篩選 為主要影 響因素
1. 降雨量	368	是
2. 易淹水性	447	是
3. 地表水污染程度	212	否
4. 土壤污染程度	409	是
5. 空氣污染程度	143	否
6. 生態衝擊程度	341	是
7. 景觀衝擊程度	295	是
8. 粉塵污染程度	41	否

表 6 二次災害風險類別各可能影響因素之 Borda 值

社會環境類別影響因素	Borda 值	是否篩選 為主要影 響因素
1. 地下水污染程度	452	是
2. 淹水深度	261	是
3. 場址邊坡穩定安全係數	315	是
4. 場址擋土設施現況	395	是
5. 防滲漏設施現況	351	是
6. 健康風險	249	否
7. 人身安全風險	233	否

由表 2~表 6 知曉，各影響類別裡的可能影響因素被篩選成為主要影響因素者如下所列：

A. 社會環境類別

主要影響因素：人口密度、道路長度、預算、產業組成及剩餘土石方再利用性。

B. 土地利用類別

主要影響因素：坡度、地目、基地規模及土地利用潛勢。

C. 大地安全類別

主要影響因素：斷層數、地形、土層性質、山崩潛感及周邊植生覆蓋率。

D. 環境安全類別

主要影響因素：降雨量、易淹水性、土壤污染程度、生態衝擊程度及景觀衝擊程度。

E. 二次災害風險類別

主要影響因素：地下水污染程度、防滲漏設施現況、場址邊坡穩定安全係數、場址擋土設施現況及淹水深度。

4.5 所建立之決策模式層級架構

在篩選出主要影響因素後，即可進行決策模式之層級架構建立；圖 4 為所建立決策模式層級架構，所示圖中之第一層為標的（掩埋場治理），第二層為決策層面（五大影響類別），第三層為準則（五大影響類別之主要影響因素）。表 7 為參考其他子計畫研究結果所製定各主要影響因素之分級指標及其分級評分值。

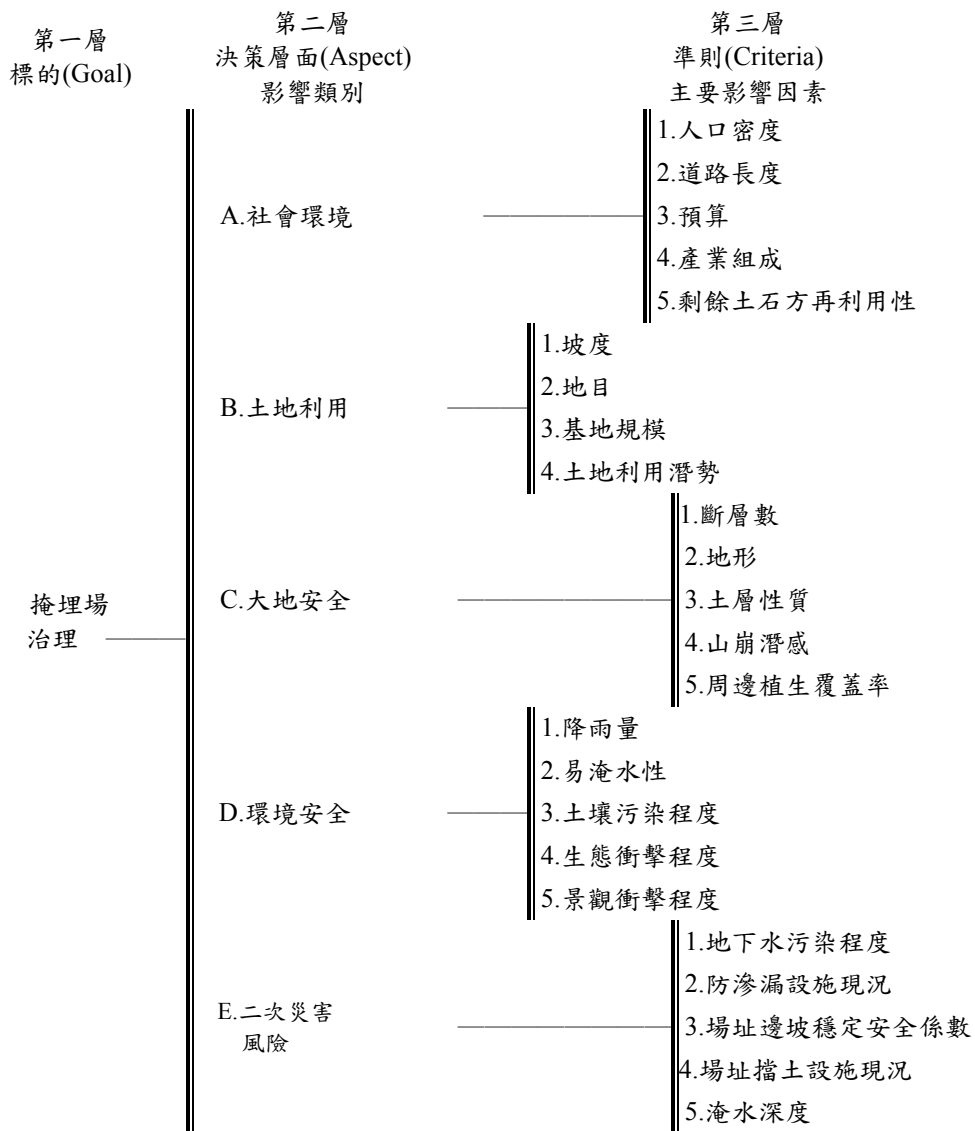


圖 4 所建立之決策模式層級架構

表 7 各主要影響因素分級指標及其分級評分值

影響類別	主要影響因素	分級指標	分級評分值
社會環境	人口密度	<200 人/ km^2	10
		200~400 人/ km^2	20
		>400 人/ km^2	40
	道路長度	<20 km	10
		20~40 km	20
		>40 km	40
	休閒遊憩機能面積比	待訂定	
	產業組成	少污染	10
		輕度污染	20
		高度污染	40
	剩餘土石方再利用性	低	10
		中	20
高		40	
土地利用	坡度	<20%	10
		20~40%	20
		>40%	40
	土地使用類別	林地、農牧用地	10
		農地	20
		行水區	40
	基地規模	<2 ha	10
		2~4	20
		>4 ha	40
	土地利用潛勢	低	10
		中	20
		高	40
大地安全	斷層數	無	10
		1 條	20
		>1 條	40
	地形	平地	10
		谷地	20
		陡坡地	40
	土層性質	非下列者	10
		砂頁岩互層	20
		風化土、泥岩區	40
	山崩潛感	低潛感區	10

		中潛感區	20
		高潛感區	40
	週邊植生覆蓋率	待訂定	
環境安全	降雨量	<1500 mm	10
		1500~2500 mm	20
		>2500 mm	40
	易淹水性	標高<50 m	10
		50<標高<100	20
		標高>100	40
	空氣污染程度	API <100	10
		500< API <100A	20
		API >500	40
生態衝擊	待定		
景觀衝擊	待定		
二次災害 風險	地下水污染程度	氮氮含量<0.25 mg/l	10
		0.25<氮氮含量<100 mg/l	20
		氮氮含量>100	40
	防滲漏設施現況	良	10
		平	20
		差	40
	場址邊坡穩定安全係數	安全係數>2.0	10
		1.0<安全係數<2.0	20
		安全係數<1.0	40
	場址擋土設施現況	良	10
		平	20
		平	40
	淹水深度	<50 cm	10
		50~100	20
		>100 cm	40

4.6 剩餘土石方之再利用途

若將剩餘土石方再利用於路堤及堤防上時，其土方粒徑限制較寬鬆；而若僅使用細料，不但其性質不佳，且再利用量低；故擬藉由級配調整提昇其工程性質，即以五種比例混合細料與較粗料（ $2.54 < \text{粒徑} < 5.08 \text{ cm}$ ），並對其施行相對密度試驗，藉以判釋以何種比例混合細

料、較粗料最適宜。

另一方面，有很多土方構造物（路堤、海堤、河堤、住宅區邊坡等）在被建構完成後尚須施行邊坡防侵蝕、防滑動之保護措施，而最具生態性、環境協和性的保護措施是植生綠美化。即如圖 5 所示般，須於土方構造物之斜坡面夯實一寬約 100 cm 的沃土區 (Zone of Fertile soil)，以使其兼具邊坡保護及利於植物生長之功能。沃土於土建工程之使用量甚大，而一般對其品質之規範較籠統且寬鬆，只要求須為近似農地之壤土。

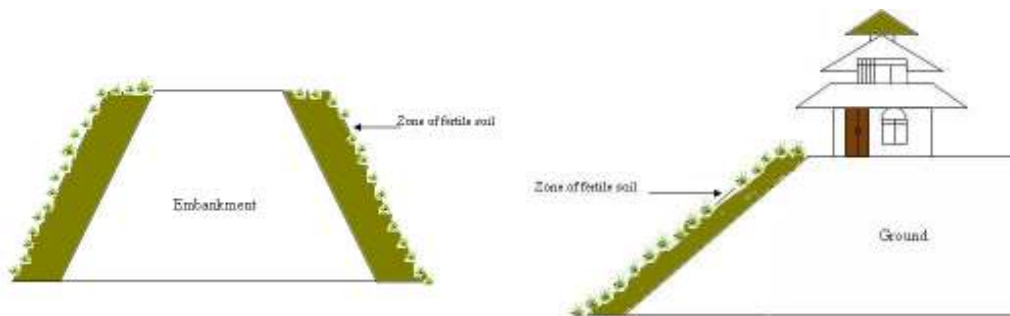


圖 5 土方構造物之邊坡沃土區示意

於探討剩餘土石方再利用途時，所需根據之品質管制原則如下所述：

1. 若細料之有機物含量小於 4%，且夯實最大乾單位重大於 14.7 kN/m^3 ，則可再利用為堤身土方。
2. 若細料及粗料之雜物含量小於 2%，且夯實最大乾單位重大於 14.7 kN/m^3 ，可再利用為路堤、堤身之土方或箱涵護坦工之填料。
3. 若粗料之 pH 值大於 6、磨損率小於 50%，可再利用為道路、堤頂、混凝土路垣之骨材（應將含泥量處理至小於 3%）。
4. 與一般骨材相比較，剩餘土石方之比重較小、吸水率較大，故應

施行配比設計試驗。

5. 粒徑大於 15 *cm* 之粗料，可再利用為護坡工混凝土坡面下之排石。
6. 依據三角分類系統（美國農業部），若其細料分類屬「壤土」，則可再利用為沃土。

第五章 結論與建議

本計畫評估了封閉掩埋場之後續三種治理方式，即考量復育、場址穩定和移除之社會環境、土地利用、大地安全性、環境安全性及環境風險等影響類別。並依循「廢棄物清理法」、「營建事業廢棄物再利用管理辦法」及「營建剩餘土石方處理方案」，擬定了治理規劃作業要點。另一方面，使用模糊層級分析法 FAHP，找出最佳化治理方式決策模式之意涵，據以確定各影響類別之可能影響因素，於社會環境類別 8 項、土地利用類別 9 項、大地安全類別 8 項、環境安全類別 8 項、二次災害風險類別 7 項。續根據問卷調查之分析結果，發現各影響類別之主要影響因素於社會環境類別為人口密度、道路長度、預算、產業組成及剩餘土石方再利用性，於土地利用類別為坡度、地目、基地規模及土地利用潛勢，於大地安全類別為斷層數、地形、土層性質、山崩潛感及周邊植生覆蓋率，於環境安全類別為降雨量、易淹水性、土壤污染程度、生態衝擊程度及景觀衝擊程度，於二次災害風險類別為地下水污染程度、防滲漏設施現況、場址邊坡穩定安全係數、場址擋土設施現況及淹水深度。之後，建立出決策模式之層級架構及各主要影響因素之分級指標、分級評分值。最後，探討剩餘土石方之再利用途及所需根據之品質管制原則。

本計畫已達成下述之成果：

1. 蒐集已施行掩埋場治理之相關文件、工程內容，探討其執行可行性、法規契合性，彙整出較具制式之治理內涵，俾供不同中央部會所屬治理工程主辦機關參考。
2. 擬定「掩埋場治理規劃作業要點」，及探討剩餘土石方之再利用途及所需根據之品質管制原則，俾供主辦機關製作招標文件參考及

得標廠商執行依循。

3. 構思掩埋場之「最佳化治理方式決策模式」，此模式考量廣範圍因子（社會環境、土地利用、大地安全性、環境安全性、二次災害風險），且評估指標數據化，具實務使用性。

參考文獻

1. 水利署 (1991), 土方及植生施工要領。
2. 水利署 (2004), 「大里溪治理計畫先期規劃總報告」, 第三河川局執行, 台中。
3. 沈德縣(2000), 「廢混凝土再利用於瀝青混凝土路面工程之研究」, 資源再利用於公共工程之研究, 行政院公共工程委員會研究報告 099, 臺北, 第七章。
4. 高傳盛 (1999), 「垃圾處理收費價格及資源回收意願之研究」, 碩士論文, 水資源及環境工程學系, 淡江大學。
5. 黃榮良 (2000), 「垃圾掩埋場沉陷之理論研究」, 碩士論文, 土木工程學研究所, 台灣大學。
6. 黃開明 (2002), 「應用層級分析法評選山區道路整治工法之研究」, 碩士論文, 土木工程學系, 中華大學。
7. 馮正民、李穗玲 (2000), 「由決策習慣探討 AHP 之評估方法」, 中華管理學報, 第 1 卷, 第 1 期, pp. 21-26。
8. 陳榮河(1990), 「衛生掩埋場之穩定分析」, 土工技術, 31 期, 第 7-21 頁。
9. 陳治生(1999), 「臺北市山豬窟垃圾衛生掩埋場問題探討」, 碩士論文, 河海工程學系, 海洋大學。
10. 陳紹昫 (2000), 「營建拆除廢棄物於公共工程再利用之可行性初步研究」, 碩士論文, 土木工程學系, 中央大學。
11. 陳豪吉、廖惇治(2001), 「營建廢棄物應用於混凝土再生骨材之研究」, 臺灣營建研究院叢書 E38, 臺北, 第 115-130 頁。
12. 陳麗珠、吳政穎 (1999), 「層級分析法 (AHP) 應用於國民教

- 育補助政策公平效果評估之研究」，教育政策論壇，第 2 卷，第 2 期。
13. 賴光真 (1998)，「分析層級程序法 (AHP) 評比尺度縮減可行性之探討」，教育與心理研究，第 21 卷，第 1 期，pp. 17-35。
 14. 詹穎雯(2000)，「再生建材之技術與應用 (六) -自充填高性能混凝土」，九二一震災建築廢棄物再生利用推動計畫成果報告，行政院環境保護署 EPA-89-H103FA31-03-289，臺北，第 131-145 頁。
 15. 農業委員會 (1996)，水土保持技術規範，第三章。
 16. 顏聰(2000)，「災區拆屋廢棄物之再利用」，災後重建提昇混凝土品質研討會論文集，臺北，第 3-31 頁。
 17. 楊朝平、聶俊華 (2003)，「台灣中部建築拆除物之組成及其剩餘土石方性質」，技術學刊，第 18 卷，第 4 期，pp.495-502。
 18. 鄭介眉(2003)，「垃圾衛生掩埋場垃圾層邊坡穩定之研究」，碩士論文，環境工程與管理系，朝陽科技大學。
 19. 環境保護署 (2006)，「垃圾掩埋場總體檢委託專業工作計畫成果報告書(EPA-95-Z102-02-201)」，惠元環境資源股份有限公司執行。
 20. ACPA (1993) "Recycling concrete pavement," Concrete Paving Technology, *America Concrete Pavement Association*, Skokie, Illinois.
 21. Anderson, D.G., Hushmand, B. and Martin, G.R. (1992), "Seismic Response of Landfill Slope", Stability and performance of Slopes and Embankments II Geotechnical Special Publication 31, R.B. Seed and R.W. Boulanger, Eds., ASCE, New York.
 22. Bleiker, D. E. , Farquhar, G. and McBean, E. (1995), "Landfill settlement and the impact on site capacity and refuse hydraulic conductivity", Waste Management and Research, Vol. 13, No. 6, pp. 533-554.
 23. El-Fadel, M., Findikakis, A. N. and Leckie, J. O. (1996), "Biochemical and physical processes in landfills", Solid Waste Technology and Management, Vol. 23, No. 3, pp. 131-143.

24. Franklin, A.F., Orozco, L.F. and Semrau, R. (1973),“Compaction of slightly organic soils,” *Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering Division*, ASCE, Vol.99, No.SM7, pp.541-557.
25. Hanks, A. J. and Magni, E. R. (1989)“The use of recovered bituminous and concrete materials in Granular base and earth,” Report MI-137, *Ontario Ministry of Transportation*, Downsview, Ontario, USA.
26. Harvey, F. and David, M. F. (1995)“Exploring the economics of mining landfills,”(http://wasteage.com/mag/waste_exploring_economics_mining/index.html, (2007/12/11 查詢).
27. Higaki, K. (2003)“State-of-the-art of the design for waste containment facilities,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.51, No.8, pp.9-14.
28. Hirada, N. (1994),“Review on Sardinia 93 Fourth International Landfill Symposium,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.42, No.3, pp.73-74.
29. Hosoda, E.(2003)“Potential resource value and possibility recycling,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.51, No.5, pp.13-18.
30. Kamon, M., Tamano, T., Katsumi, T. and Ono, S. (1999)“Environmental risk management of waste disposal and reuse of the waste landfill sites shifting locations from the land and the seaside to the underground,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.47, No.1, pp.19-22.
31. Kosson, D.S., Van der Sloot, H.A., Sanchez, F., and Garrabrants, A.C. (2002),“An integrated framework for evaluating leaching in waste management and utilization of secondary materials, *Journal of Environmental Engineering Science*, Vol.19, No.3, pp.159-204.
32. Lancaster, J., Waco, R., Towle, J. and Chaney, R. (1996),“The effect of organic content on soil compaction,” *Proceedings, 3rd International Symposium on Environmental Geotechnology*, San Diego, pp.152-161.
33. Mabin, S. M. (1993)“Recycled concrete aggregate New York State’s experience,” *Recovery and Effective Reuse of Discarded Materials and By-products for Construction of Highway Facilities, FHWA/EPA Symposium Proceedings*, Denver, Colorado.
34. Miki, H. (2003)“Recycling of construction waste: Current activities and challenges for the future,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.51,

- No.5, pp.1-5.
35. Morelli, J. (1990)“Landfill reuse strategies,” *Biocycle*, Vol.31, No.4, pp.60-61.
 36. Nakashima, M. (2004)“Environmental risk assessment on soil contamination measure,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.52, No.9, pp.10-12.
 37. Neal Molton, M. (1995), *The handbook of landfill operations*, Blue Ridge Soil Waste Consulting Published.
 38. Oda, K. and Shinnsi, Y. (1997) “Geotechnical Properties and Effective Utilization of Wastes,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.45, No.7, pp.13-16.
 39. Oomine, K. and Matsuyuki, K. (2003)“Environmental economic model for recycling of construction surplus soil and waste material,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.51, No.5, pp.10-12.
 40. Park, H. I. and Lee, S. R. (1997),“Long-term settlement behavior of landfills with refuse decomposition”, *Solid Waste Technology and Management*, Vol. 24, No. 4, pp. 159-165.
 41. Saaty,T.L. (1980) , *The Analytic Hierarchical Process*, New York, McGraw-Hill publishing company.
 42. Saaty,T.L. (1986) ,“Axiomatic foundation of the analytic hierarchical process,” *Management Science*, 32(2), pp.841-855.
 43. Shimizu, K. (2003)“The latest Geotechnical problems in waste landfill,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.51, No.8, pp.1-4.
 44. Singh,S.,and Murphy,B.J. (1990),“Evaluation of the stability of Sanitary Landfills :Theory and practive,” *ASTM STP1070*, Philadelphia, P.240~258.
 45. Ueda, K. (2003)“Unsolved problem for materials-cycle sustainable society,” *Tsuchi to Kiso*, Japanese Geotechnical Society, Vol.51, No.5, pp.6-9.
 46. Van der Zee, D.J., Achterkamp, M.C. and De Visser, B.J. (2003)“Assessing the opportunities of landfill mining,” *University of Groningen, Research Institute SOM*, Research report No.03B39.
 47. Wall, D.K. and Zeiss, C. (1992), “Municipal landfill biodegradation and settlement,” *Environment Engineering*, Vol. 121, No. 3, pp. 214-223.
 48. Yang, C.P. and Wang, M.D. (2004),“Effects of debris content and gradation on engineering properties of excess soils,” *Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering*, Vol.16, No.1, pp.73-79 ◦

49. Yang, C.P. (2006), "Using sequential analysis procedures to rank the influential factors of public work's quality," *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, Vol.7, No.3, pp.330-334.
50. Yang, C.P. (2007a), "Factors affecting the performance of public projects in Taiwan," *Journal of Construction Research*, Vol.7, No.3, pp.1-19.59.
51. Yang, C.P. (2007b), "Primary influential factors in the management of public transportation projects in Taiwan," *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol.34, pp.1-11.
52. Yen, B. C. and Scanlon, B. (1975), "Sanitary landfill settlement rates," *Geotechnical Engineering Divison, ASCE*, Vol. 101, No. 5, pp. 475-487.
53. Yrjanson, W.A. (1989), "Recycling of portland cement concrete pavements," *National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice No.154, National Research Council, Washington, D.C.*.
54. 日本土質工學會(1985), 「土質試験法」, 第三篇, 第三章。
55. (財)先端建設技術センター (1992), 「建設業とりサイクル-再生資源利用促進法解説-」, 大成出版社。
56. 寺田雄俊(1995) 「アスファルトコンクリート塊の再利用」, 土木技術, 第五十三卷, 第二期, 日本, 第 81-87 頁。