

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--垃圾掩埋場址治理方式探討及移除工程(II) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 98-2621-M-216-004-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：中華大學土木工程學系

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：丁元禹
碩士班研究生-兼任助理人員：莊兆祥

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 09 月 23 日

行政院國家科學委員會補助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-垃圾掩埋場址治理方式探討及移除工程 (II)

Remediation, Reclamation, and Sustainable Use of Lands around Landfill Sites-Engineering practices of landfill mining and Reclamation(II)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2621-M-216-004

執行期間：98年8月1日至99年7月31日

執行機構及系所：中華大學土木與工程資訊學系

計畫主持人：楊朝平 教授

計畫參與人員：丁元禹、莊兆祥（碩士班研究生）

成果報告類型：完整報告

處理方式：得立即公開查詢

中 華 民 國 99 年 9 月 10 日

目錄

中文摘要.....	3
ABSTRACT.....	4
報告內容.....	5
一、前言.....	5
二、研究目的.....	5
三、文獻探討.....	6
3.1 台灣地區掩埋場現況.....	6
3.2 掩埋場場址穩定、復育之課題.....	8
3.3 治理方式評估.....	9
3.4 移除工程.....	10
3.5 垃圾資源化.....	11
3.6 剩餘土石方.....	12
四、研究方法.....	12
五、結果與討論.....	15
5.1 最佳化治理方式決策模式.....	15
5.2 移除工程設計作業要點.....	19
5.3 垃圾組成調查作業要點.....	21
5.4 剩餘土石方再利用途及其技術規範.....	22
5.5 各種剩餘土石方處理方式組合之特質性.....	25
5.6 案例掩埋場之垃圾組成.....	28
六、結論與建議.....	34
參考文獻.....	35
計畫成果自評.....	37
研發成果推廣資料.....	38

[中文摘要]

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，因而易造成污染及二次災害，而有待治理。為此，本計畫探討垃圾掩埋場址之治理方式及其移除工程。

本計畫之工作項目為決策模式建制、移除工程設計作業要點之擬定、垃圾組成調查作業要點之擬定、剩餘土石方性質試驗作業要點之擬定、剩餘土石方再利用途及其技術規範之探討及案例掩埋場垃圾組成之調查等。此等工作內容含學理及技術層次，技術層次之探討皆須有學理依據，故本計畫之成果具學理及技術面之應用創意性。

關鍵詞：垃圾掩埋場、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, this study researchs the issue concerning the landfill mining and its reclamation.

The research works are (1) make out the strategic model, (2) make out the technical code of landfill mining and its reclamation, (3) make out the technical code for surveying the composition of waste, (4) suggest the technical code for testing residual soil, (5) study the technical code and re-use of residual soil, and (6) survey the composition of waste of selected site. The work of this project is academically and technically planned. 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.

[報告內容]

一、前言

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；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。1970 年代，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；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。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。

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，並未雨綢繆的思考治理策略。

二、研究目的

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一般營造廠缺乏掩埋場治理之工程經驗等。

但是，依筆者經驗，剩餘土石方約佔垃圾掩埋場物質八成以上，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。

三、文獻探討

3.1 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。

此計畫之建議事項如下：

1. 宜推動電腦科技，以利各項制度之落實；
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）[本計畫之研究案例]，
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。

3.2 掩埋場場址穩定、復育之課題

依據日本規範，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]。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；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[Hirada, 1994]。

一、滲流

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[陳治生，1999]。而相關於污染土壤的淨化法有防止污染物質溶出、控制滲漏水流、微生物分解及化學分解等，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。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。

三、沉陷

已有諸多學者致力於所謂的「垃圾力學沉陷理論」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[El-Fadel *et al.*, 1996; Park and Lee, 1997]。

3.3 治理方式評估

封閉掩埋場之一般治理方式為場址穩定、復育及移除，三種方式之經費差異不大；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，或發放補償金等。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 46 元，而期待之補償金為每戶每月 671 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、周邊環境影響、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]。

3.4 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，可再利用剩餘土石方於其他工程等[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。

3.5 垃圾資源化

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。

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。

3.6 剩餘土石方

「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。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。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[ACPA, 1993;寺田雄俊，1995]。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]。

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]。故將細料再利用為「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。

四、研究方法

一、最佳化治理方式決策模式之建制方法

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。下列為此模式之建制流程與作業內容：

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. 確定模式之建制法則（層級分析法）；

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、環境安全性及二次災害風險；
5. 確定各影響類別之影響因素；
6. 施行問卷調查，以權重篩選出主要影響因素；
7. 建制層級模式之第一層為標的（掩埋場治理），第二層為決策層面（影響類別），第三層為準則（影響類別之主要影響因素）；
8. 使用氣象資料、水利署淹水潛勢圖、地區山崩潛感圖、地區土地利用潛力圖、地區坡度分析圖、內政部人口調查資料及環保署監測資料等，找出各主要影響因素之分級指標；
9. 設定各主要影響因素之分級評分值 RV_i ；
10. 由式(1)計算出決策最佳治理方式之判釋值 JV (Jugement value)；
11. 設定處理分級 JV 值之值域。

$$JV = \sum_{i=1 \dots n} RV_i \times BPN_i \quad (1)$$

n ：主要影響因素數目

二、移除工程設計作業要點之擬定方法

當主辦機關決策出最佳治理方式，且有經費執行工程時，就進入設計階段。於此階段應依循規劃原則，更具體化執行策略，精確測量掩埋場體積，詳細調查垃圾組成，試驗剩餘土石方性質、確立剩餘土石方再利用途或最終處理處，明定工程項目，編制工程經費，繪設計圖，明定分類品質估驗值，規範工程承包商遵守事項，製作招標文件等等作業繁雜。本計畫擬定移除工程之作業要點，俾供主辦機關辦理委託設計案採購文件製作參考及得標設計廠商依循；考慮機關屬性及其區域性，茲參考下列四工程之招標文件：

1. 台中市三期掩埋場移除工程，
2. 台南縣永康市王田掩埋場移除工程，
3. 花蓮縣吉安鄉行水區掩埋場移除工程，
4. 經濟部水利署筏子溪東海橋上游水岸整建及景觀改善工程。

三、垃圾組成調查作業要點之擬定方法

垃圾掩埋場之組成調查為擬定處理策略、治理方式、剩餘土石方再利用途或其他物終端處理方式等之最基本資料，至為重要。其單獨物質可分為鐵、鋁、玻璃、木、橡膠、塑膠、紙、纖維、混凝土、磚、陶、瓷、土、礫、卵石、岩石、石綿及電池等。原則上，於垃圾組成調查時，皆須將其分類出來秤重，以計算其重量百分比；之後，求其單位重，俾藉以換算成體積百分比，再將各物質的體積百分比乘以掩埋場體積，方得以估算其數量。

四、剩餘土石方再利用途及其技術規範之探討方法

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，再利用途甚廣。探討項目含（1）品質管制原則、（2）性質要求、（3）雜物含量管制、（4）級配調整及（5）施工規範。

五、各種剩餘土石方處理方式組合之特質性探討方法

於所有公共工程中剩餘土石方處理乃為最具社會敏感性者，而其工程執行可行性則為主辦機關及工程承包商所最關心的事情。為此，本計畫將從社會面、法規面、環境面，探討各種剩餘土石方處理方式組合之特質性；即（1）擬定處理方式組合、（2）設定三種處理方案、（3）估算移除工程經費及（4）分析三種方案之正、負面因素。

六、案例掩埋場（內湖垃圾山）之垃圾組成調查方法

內湖垃圾山移除工程，其工期為 2006 年 10 月 14 日~2011 年 1 月 10 日。故本計畫以此掩埋場為案例，取樣調查其垃圾組成；依土壤力學之試驗規範，量測其單位重、含水量、比重、pH 值、粒徑分布及夯實性質；並以顯微鏡觀察其微觀組成。

五、結果與討論

5.1 最佳化治理方式決策模式

表 1 為最佳化治理方式決策之「主要影響因素篩選問卷」，問卷中含社會環境類別（8 項影響因素）、土地利用類別（9 項影響因素）、大地安全類別（8 項影響因素）、環境安全類別（8 項影響因素）及二次災害風險類別（7 項影響因素）。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。

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							
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. 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							
8. 預算							
土地利用類別							
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. 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							
<p>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。</p> <p>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。</p>							

參閱表 2，再分別統計處理各類別各影響因素之權重，據以篩選出各類別之主要影響因素（4~5 項）。續對各主要影響因素設定分級指標及分級評分值 RV_i ，如於社會環境類別之主要影響因素「人口密度」項，於人口密度 <200 人/ km^2 ($RV_i=10$)、人口密度 $=200\sim400$ 人/ km^2 ($RV_i=20$)、人口密度 >400 人/ km^2 ($RV_i=40$)。對某一場址，若其 JV 值愈大表示愈須以較高階之治理方式處理（低階之復育→場址穩定→高階之移除）；所定之處理分級為「 $JV < 50$ 」復育、「 $50 < JV < 75$ 」場址穩定、「 $JV > 75$ 」移除。

表 2 決策模式之層級架構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 RV_i
社會環境	人口密度	<200 人/ km^2	10
		$200\sim400$ 人/ km^2	20
		>400 人/ km^2	40
	道路長度	<20 km	10
		$20\sim40$ km	20
		>40 km	40
	休閒遊憩機能	低	10
		中	20
		高	40
	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
		$20\sim40\%$	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
		$2\sim4$	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	高	10	
	中	20	
	低	40	
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	低	10
		中	20
		高	40
	景觀衝擊	低	10
		中	20
		高	40
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
	良	10	

	場址擋土設施現況	平	20
		平	40
	淹水深度	<50 <i>cm</i>	10
		50~100	20
		>100 <i>cm</i>	40

5.2 移除工程設計作業要點

基本上縣市政府掩埋場移除工程之招標文件為制式者，主要含下述內容。

契約主文

含工程名稱、工程地點、工程範圍、契約文件、契約補充文件、付款辦法、保險、違約金、保固期限、物價指數調整、契約爭議處理及改善事項等。

投標須知

告知相關招標文件、投標廠商資格、領投標日期、履約保證金繳納、詳細施工價目表填寫、決標方式等須知。

履約條款

含定義及解釋、權責、技術規範、契約變更、法令及保險、工期及展延、材料品質機具人力之管理、計量計價及估驗、違約、契約終止、竣工、驗收、保固及爭議處理等內容。

因為掩埋場移除工程內容含開挖、分類、外運、終端收容等迥異於一般工程，故制式之招標文件無法嚴謹規範其作業項目，如履約條款所規範之品質估驗要求多著重於鋼筋、混凝土、瀝青混凝土等，而於掩埋場移除工程，實際須補強履約條款之契約文件之「技術規範」、「計量計價」及「估驗」項。茲擬出移除工程設計作業要點如下：

1. 工程施工中，於施工範圍內發現掩埋廢棄物，應由工程主辦機關邀集工程所在地相關單位，依行政程序辦理現勘，製作勘察紀錄，以釐清廢棄物來源、類別及處理權責，並依廢棄物清理法及相關規定辦理。
2. 工程用地範圍內於施工開挖時若遇有成堆掩埋之垃圾時應立即反應工地工程司，並將垃圾範圍予以確定並用警示帶標示位置，同時聘請學術單位進行現場取樣及分析。
3. 有關掩埋現場之成堆垃圾，指土層中經學術單位分析後明顯含有大量需運送至掩埋場

或焚化爐之垃圾，且需經分篩分類才可處理之垃圾。

4. 掩埋成堆之垃圾經分篩後，分別為可燃物、不可燃物及粒徑大於 10 cm 之卵石，其中可燃物及不可燃物依規定運送至合法地點處置並依實做數量驗收計價。
5. 粒徑大於 10 cm 之卵石則需依販售契約予以收費。若實際調查後，有價土石部分之數量有增減時，暫以調查數量作為補退款項金額之依據，待工程完成後再以實做數量進行退補款項金額。
6. 廢棄物及砂石臨時暫置區：本計畫所需處理之廢棄物、淤泥砂石等如含水量過大，運輸時有影響環保法令相關規定之虞者，廠商得依法向主管機關申請同意在不影響水庫或河防安全之地區暫時存放，俟水滲乾不再滴漏後再予運輸，惟須豎立明顯危險警告標誌，嚴禁閒人進入。
7. 作業地磅之規格、相關設備及規定詳閱「地磅主體與施工規範」。
8. 作業開工後廠商應會同機關主辦工程司至現場選定施設地點，並於開工日起 15 日曆天前完成地磅設置（含主體設備、電腦系統、攝影設備等一切週邊設施並經中央標準局檢定合格等）及完成現場作業人員教育訓練；於實際運作操作中並應指派專業人員予以協助操作至現場作業人員熟練為止。
9. 地磅設置完妥後，廠商應負責其維護管理工作（含開始營運後平均約二週中央標準局檢定校正），使其正常營運，作業中地磅設施如發生故障，廠商應於現場人員通知後立即派員修復。
10. 土石標售係以過磅單之數量總和計價（採重量計價）。
11. 製作調查經費（參閱表 3）。

表 3 垃圾掩埋場處理調查經費

作業項目	單位	數量	單價 (元)	複價 (元)	說明
廢棄物分布 範圍調查	式				以挖土機開挖兩區廢棄物堆，確認其平面及深度分布，並測量其體積。
廢棄物之實 方單位重試 驗	孔				工地密度試驗。
現地廢棄物	式				於廢棄物堆取試料，人工分

組成調查		類廢棄物，調查卵石、可燃物（紙、布、橡塑膠、木質、金屬）及不可燃物（磚、混凝土、餘土等）之含量。
廢棄物各組成物之鬆方單位重試驗	式	試驗求廢棄物、卵石、可燃物、磚、混凝土及餘土之鬆方單位重。
實驗室餘土粒徑分析試驗	式	試驗求餘土之粒徑分布性質，藉以判釋其係屬於剩餘土石方而非環保廢棄物。
廢棄物試料搬運	式	
廢棄物處理經費估算	式	根據各種處理方案，估算廢棄物分類費、可燃物焚化費、不可燃物處理費、卵石販售費等之經費。
調查報告撰寫	式	含前述各作業項目之流程、方法、表圖、結果、結論及建議等內容。
合計（元）		

5.3 垃圾組成調查作業要點

施行此調查時所面臨之問題為：

1. 不同機關之歸納名詞不統一，如廢棄物、垃圾、副產物、不可利用、可利用、可資源化、不可資源化、可燃物、不可燃物、廢棄土、剩餘土石方、餘土、工程剩餘資源、有害物、有毒物、其他物質等，各式各樣之名詞待統一，筆者建議應統一使用環保署所定之不可燃物、可燃物、剩餘土石方及其他物質之歸納名詞；
2. 歸納項目不統一，特別是混凝土、磚、陶、瓷之歸納項，應納入不可燃物或剩餘土石方或其他物質項，仍待釐清；
3. 於剩餘土石方，土、礫、卵石、岩石之顆粒級距及土壤分類不明確，此點往往是支配垃圾分類分篩作業的主要因素；
4. 管理權責機關不統一，如原則上不可燃物、可燃物為環保署，而剩餘土石方為營建署，但剩餘土石方 B6~B8 類之申報機關卻是環保署等問題，於技術面可能無法改變此情況。

筆者建議各機關遭遇前述問題時，仍應依循環保署之技術規範；如於歸納項目方

面，得參考最近環保署所辦全國最大型「內湖垃圾山移除工程」之文件、書類，宜將鐵、鋁、玻璃納為「不可燃物」，木、橡膠、塑膠、紙、纖維納為「可燃物」，土、礫、卵石、岩石、混凝土、磚、陶、瓷納為「剩餘土石方」，石綿、電池納為「其他物質」。

剩餘土石方性質試驗應含乾基、濕基三成分試驗、材料試驗及土壤性質試驗；而居於剩餘土石方再利用為工程土方之考量，其材料試驗項目須含比重、含泥量、吸水率及磨損率，土壤性質試驗則須含基本性質（粒徑分佈、比重、稠度、有機物含量、 pH 值）、工程性質（夯實、透水、加州承載比）及力學性質（無圍壓縮、抗剪強度）之試驗。

其中剩餘土石方之粒徑分佈為支配乾濕基三成分、土壤性質、再利用途及其分篩作業組合之主要因素。一般可將剩餘土石方分成細料或稱土壤（粒徑 $<2.54\text{ cm}$ 者）、粗料（ $2\text{ cm}<$ 粒徑 $<15\text{ cm}$ 者）及卵石（粒徑 $>15\text{ cm}$ 者），皆為可再利用材料。

5.4 剩餘土石方再利用途及其技術規範

一、品質管制原則

得據以判釋剩餘土石方再利用途之品質管制原則如下列：

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。

二、性質要求

表 4 為「公共工程施工綱要規範」對剩餘土石方之再利用途及性質要求。

表 4 剩餘土石方之再利用用途及性質要求

再利用用途	性質要求
混凝土骨材	<ol style="list-style-type: none"> 1. 所含之黏土塊不得超出 0.5%、煤或褐炭不得超出 1.0%。 2. 依 CNS 1167 A3031 或 AASHTO T104，經過五循環之硫酸鈉健度試驗(Sodium Sulphate Soundness Test)，其損失之重量比不得超過 10%。 3. 先按 ASTM C289 作化學性質試驗，倘呈鹼反應時，再依 JIS A5308 附錄 8 或 ASTM C227 作物理性試驗。 <p>水溶性氯離子含量最大值應符合 CNS 12891 A1045 或 CNS 13407 A3342 之規定。</p>
粗粒料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 所含之黏土塊不得超過 0.25%、通過 No. 200 篩之材料不得超過 1%、長扁片(長或寬大於寬或厚之五倍者)不得超過 10% 2. 粒料之磨損須依照 CNS 490 A3009 或 AASHTO T96 之規定，其百分比不得大於 40。 3. 依 CNS 1167 A3031 或 AASHTO T104，經過五循環之硫酸鈉健度試驗，其損失之重量比不得大於 12%。 <p>依細粒料之規定辦理粒料之鹼反應檢驗。</p>
道路級配粒料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依 CNS 490 A3009 洛杉磯磨損試驗結果，磨損率不得大於 50%。 2. 依 CNS 1167 A3031 或 AASHTO T104 硫酸鈉健度試驗之，試驗結果其重量損失不得超過 12%。
回填砂	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通過 4 號篩百分率 50~100。 通過 200 號篩百分率 0~15。
栽植用土壤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為中性及富含有機質之砂質壤土。 2. 不得含有礫石、泥塊、下層土，雜草根或其他有礙植物生長之雜物。
基地、構造物回填之不適用材料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 除含有木本、草本及蔓藤類植物，或屬於污泥、腐植木及最大密度小於 1.5t/m³ 之不良土壤，或其他任何經工程司認定為不適於作為基礎或填方之物質，但不包括自然含水量過多經乾燥後仍可適用之土壤。 2. 依 ASTM D2487 試驗結果屬於泥炭土(PT)、高塑性有機質土(OH)及低塑性有機質土(OL)材料者，皆為不適用之材料。

三、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]。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 2.54cm 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, 2007]。

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5cm、5-13cm、13-30cm、大於30cm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, 2007]。

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 30cm、於底層及基層不得大於 15cm，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 2~10cm。

五、施工規範

表 5 所列為而剩餘土石方再利用途之相關施工技術規範。

表 5 各工程單位有關剩餘土石方之施工規範

篇章	水保局	高公局	國公局	公路總局	水利署
02220 工地拆除		●	●		
02300 土方工作	●				
02319 選擇材料回填				●	
02331 基地及路堤回填		●			

02333 透水砂層填築				●
02336 路基整理		●		
02372 護坡		●	●	
02620 地下排水				●
02722 級配粒料基層	●			● ●
02726 級配粒料底層	●			● ●
02741 瀝青混凝土之一般 要求				●
02966 再生瀝青混凝土	●		●	●
03050 混凝土基本材料及 施工方法	●			●
03053 水泥混凝土之一般 要求	●	●	●	
03310 結構用混凝土				●

5.5 各種剩餘土石方處理方式組合之特質性

一、處理方式組合

基於研究成果之泛用性及剩餘土石方分篩、處理於移除工程之重要性，本計畫將綜合考量垃圾組成、剩餘土石方性質、剩餘土石方再利用途等，組合出可能的剩餘土石方處理方式。在定義剩餘土石方為含細料、粗料、卵石、混凝土、磚、陶、瓷之大原則下，若根據已完成掩埋場移除工程於設計階段構思之經驗，則其可能的處理方式為下列之組合。

分篩位置

P1：工區內

P2：工區外

分篩成分

S1：全剩餘土石方（不須分篩）

S2：分篩成（細料+粗料+卵石）、（混凝土+磚+陶+瓷）

S3：分篩成（細料+粗料）、卵石、（混凝土+磚+陶+瓷）

S4：分篩成（細料+粗料）、卵石、（混凝土+磚）、（陶+瓷）

S5：分篩成（細料+粗料）、卵石、混凝土、磚、（陶+瓷）

再利用成分

C1：全剩餘土石方

C2：（細料+粗料+卵石）、（混凝土+磚+陶+瓷）

C3：（細料+粗料）、卵石、（混凝土+磚）

C4：（細料+粗料）、卵石

C5：卵石

級配調整

A1：調整（細料+較粗料）級配

A2：不調整（細料+較粗料）級配

二、處理方案

方案一

將廢棄物分類分篩成(1)可燃物、(2)不可燃物（含塊石卵石、廢棄混合料、磚塊、混凝土塊、瀝青塊）；外運可燃物焚化，外運不可燃物掩埋。

方案二

將廢棄物分類分篩成(1)可燃物、(2)塊石卵石、(3)不可燃物（含廢棄混合料、磚塊、混凝土塊、瀝青塊）；外運可燃物焚化，再利用塊石卵石，外運不可燃物掩埋。

方案三

將廢棄物分類分篩成(1)可燃物、(2)塊石卵石、(3)礫石土、(4)不可燃物（僅含磚、混凝土塊、瀝青）；外運可燃物焚化，再利用塊石卵石及礫石土，外運不可燃物掩埋。

若以方案二之移除工程為例，其處理方式組合為[P1、S3、C4、A2]。

三、移除工程經費

「經費」往往也是剩餘土石方處理工程成立與否的關鍵環節，以下茲參考已施做垃圾移除工程案例之經費編制項目及單價，估算各種剩餘土石方處理方式組合之移除工程經費。

廢棄物分類分篩費

可燃物體積=可燃物體積比平均含量×掩埋廢棄物鬆方體積

磚塊體積=磚塊體積比平均含量×掩埋廢棄物鬆方體積

混凝土塊體積=混凝土塊體積比平均含量×掩埋廢棄物鬆方體積

餘土體積=餘土體積比平均含量×掩埋廢棄物鬆方體積

不可燃物體積=磚塊體積+混凝土塊體積+餘土體積

廢棄物分類分篩費=(可燃物體積+不可燃物體積)×單價

可燃物處理費

可燃物重量=可燃物重量比平均含量×廢棄物重量

*可燃物處理費=可燃物重量×單價

不可燃物掩埋費

磚塊重量=磚塊重量比平均含量×掩埋廢棄物重量

混凝土塊重量=混凝土塊重量比平均含量×掩埋廢棄物重量

餘土重量=餘土重量比平均含量×掩埋廢棄物重量

不可燃物重量=磚塊重量+混凝土塊重量+餘土重量

不可燃物掩埋費=不可燃物重量×單價

卵石販售費

卵石重量=卵石重量比平均含量×掩埋廢棄物重量

卵石販售費=卵石重量×單價

四、三種方案之正、負面因素分析

依筆者經驗，其公部門淨支出費用於三個方案差異約±10%間，係以方案二之處理費用最低。另一方面，分析三個方案之正、負面因素，並將其列於表 6。知曉，於方案一其正面因素 4 項、負面因素 3 項，方案二之正面因素 6 項、負面因素 2 項，方案三之正面因素 3 項、負面因素 11 項。

表 6 三個方案之正、負面因素分析

項目	說明	
方案一	正面因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全面清除廢棄物，減少日後河川管理面之困擾。 2. 符合該工程之契約條款。 3. 清除施工作業項目少。 4. 工期短。
	負面因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全部當廢棄物處理，不符合政府所推動之資源再利用、永續經營理念。 2. 無法使用含於廢棄物裡之塊石卵石及礫石土。 3. 廢棄物外運量大，增加控管行政業務量。
方案二	正面因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 再利用含於廢棄物裡之塊石卵石。 2. 符合資源再利用、永續經營理念。 3. 符合該工程之契約條款。 4. 廢棄物外運量較少，減緩控管行政業務量。 5. 亦可全面清除廢棄物，減少日後河川管理面之困擾。 6. 清運經費最低。
	負面因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 清除施工作業項目較多。 2. 無法使用含於廢棄物裡之礫石土。
方案三	正面因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 再利用含於廢棄物裡之塊石卵石、礫石土。 2. 符合資源再利用、永續經營理念。 3. 廢棄物外運量較少，減緩控管行政業務量。
	負面因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無法全面清除廢棄物，可能遷扯日後河川管理面之問題。 2. 需增加工程契約之計價項目。 3. 清除施工作業項目最多，於工地有運作及分篩物堆置空間不足之虞。 4. 需以人工撿除混凝土碎片及雜物等，清運經費最高。 5. 工期最長。 6. 礫石土雖可再利用為路基或堤身料，但因其為特殊材料，故如欲再利用，需另行施作其工程及力學性質之確認試驗。 7. 若欲再利用此礫石土，需確保其分類品質（雜物含量<2%）。 8. 本工區雖不足一萬五千方之土料，但也只能消化此礫石土之一半量，需考慮剩餘礫石土之後續處理（如外運掩埋、標售等）。 9. 若需再外運掩埋，則無將其分類分篩之必要。 10. 礫石土雖為有價料，但因其尚含些許雜物，標售困難。 11. 若因要再利用此礫石土，而捨天然河床料，不合常理。

5.6 案例掩埋場之垃圾組成

參閱圖 1，內湖垃圾山起用於 1970 年，封閉於 1885 年，佔地面積 15ha、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。圖 2 為此工程之分類作業

流程示意，圖 3 為分類作業實景，圖 4 為分類後之剩餘土石方堆置場。



圖 1. 內湖垃圾山實景

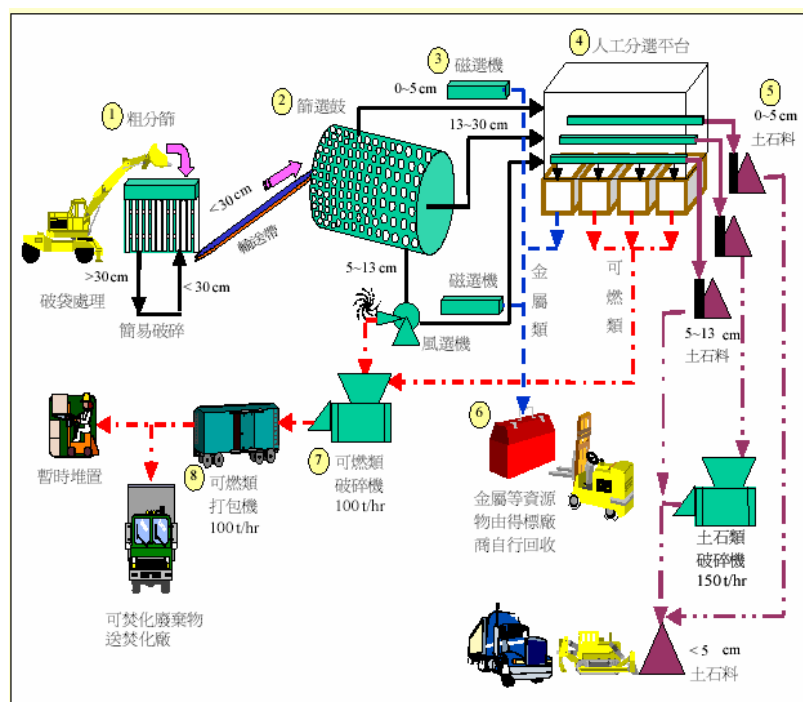


圖 2 內湖垃圾山移除工程之分類作業流程示意



圖 3 內湖垃圾山移除工程之分類作業實景



圖 4 內湖垃圾山移除工程分類後之剩餘土石方堆置場

為了進行垃圾組成調查工作，由本系函文台北市政府環境保護局（中華土字第 09800034 號），經其同意後（北市環四字第 09934785000 號），方至現場採樣（見圖 5）。圖 6 為試驗材料之氣乾情形，圖 7 為試驗材料之組成調查情形，圖 8 為試驗材料之篩分析情形。



圖 5 現場採樣情形



圖 6 試驗材料氣乾情形



圖 7 試驗材料組成調查情形



圖 8 試驗材料之篩分析情形

經試驗後，得知其粒徑 $<0.476\text{ mm}$ 之剩餘土石方含量為 85.22% ，剩餘土石方之鬆方單位重為 $0.83\text{ ton}/\text{m}^3$ 、含水量 23.7% 、比重 2.40 及 pH 值 8.2 。圖9為試驗材料之粒徑分布曲線，因為通過 200 號篩之含量趨於零，故可認定其為粒狀土（參閱圖10）；圖11為試驗材料之夯實試驗結果，其最大乾單位重為 $1.76\text{ ton}/\text{m}^3$ 、最佳含水量為 31% 。

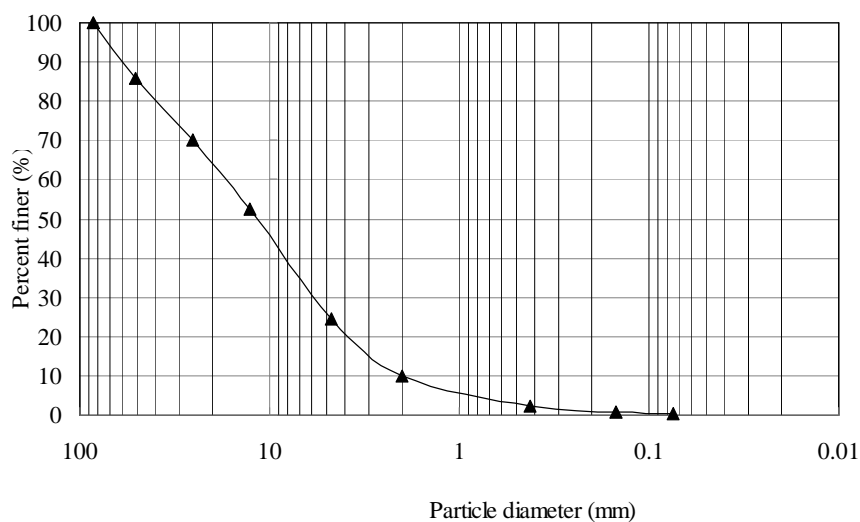


圖9 試驗材料之粒徑分布曲線



圖10 試驗材料之微觀相片

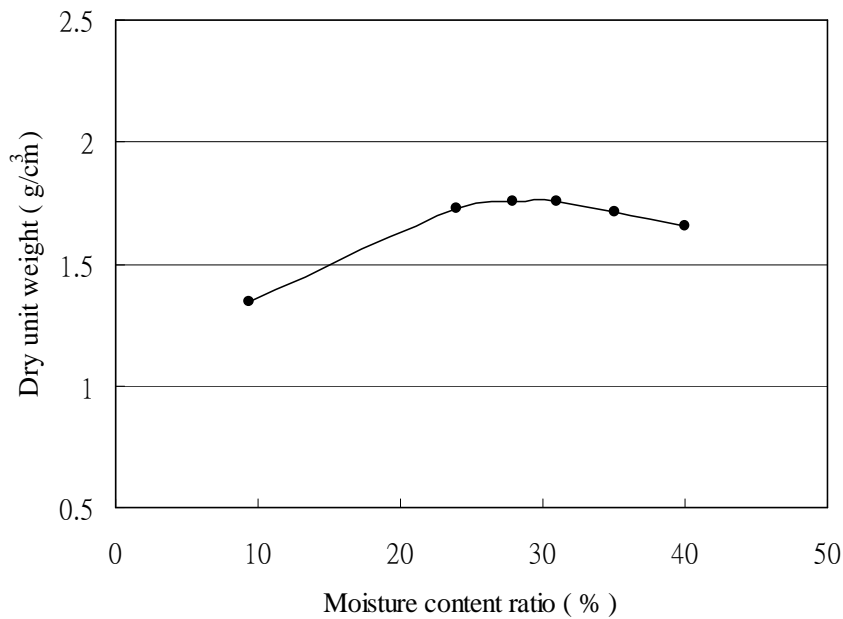


圖 11 試驗材料之夯實試驗結果

六、結論與建議

本計畫探討「垃圾掩埋場治理方式探討及移除工程」之相關課題，主要研究為相關於治理決策模式、移除工程、剩餘土石方再利用之內容及案例掩埋場之垃圾組成調查等。於治理決策模式方面，使用層級分析法，藉由問卷調查，篩選出社會環境、土地利用、大地安全、環境安全及二次災害風險五大類別之主要影響因素，續對各因素設定分級指標及分級評分值 JV ，若某一場址之 JV 值愈大表示愈須以較高階之治理方式處理(低階之復育→場址穩定→高階之移除)。續擬定出移除工程設計及垃圾組成調查之作業要點，探討剩餘土石方再利用途及其技術規範(品質管制原則、性質要求、雜物含量管制、級配調整、施工規範)，俾供政府相關機關參考。也建議各種剩餘土石方處理方式之組合，擬出經費估算法，並探討其特質性及正、負面因素。最後，調查內湖垃圾山之垃圾組成，發現其粒徑 $<0.476\text{ mm}$ 之剩餘土石方含量為 85.22%，為粒狀土，其夯實最大乾單位重為 $1.76\text{ ton}/\text{m}^3$ 、最佳含水量為 31%，具有再利用為工程土方之潛在價值。剩餘土石方為垃圾移除工程的最大宗產物(約佔 80%)，故建議政府相關機關宜儘速制定其再利用之技術規範。

參考文獻

1. 水利署 (1991), 土方及植生施工要領。
2. 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。
3. 陳榮河(1990), 「衛生掩埋場之穩定分析」, 土工技術, 31 期, 第 7-21 頁。
4. 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。
5. 農業委員會 (1996), 水土保持技術規範, 第三章。
6. 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。
7. 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。
8. ACPA (1993) "Recycling concrete pavement," *Concrete Paving Technology, America Concrete Pavement Association*, Skokie, Illinois.
9. ASTM (2000), ASTM E2081-00 Standard guide for Risk-Based Corrective Action.
10. 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.
11. 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.
12. 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).
13. 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.
14. Hirada, N. (1994), "Review on Sardinia 93 Fourth International Landfill Symposium," *Tsuchi to Kiso, Japanese Geotechnical Society*, Vol.42, No.3, pp.73-74.
15. 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.
16. 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.

17. 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.
18. Morelli, J. (1990)“Landfill reuse strategies,” Biocycle, Vol.31, No.4, pp.60-61.
19. Nakashima, M. (2004)“Environmental risk assessment on soil contamination measure,” Tsuchi to Kiso, Japanese Geotechnical Society, Vol.52, No.9, pp.10-12.
20. 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.
21. Ueda, K. (2003)“Unsolved problem for materials-cycle sustainable society,” Tsuchi to Kiso, Japanese Geotechnical Society, Vol.51, No.5, pp.6-9.
22. Yang, C.P. (2007), “Primary influential factors in the management of public transportation projects in Taiwan,”Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.34, pp.1-11.
23. 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,第五十三巻,第二期,日本,第81-87頁。

[計畫成果自評]

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

1. 可將治理方式決策模式應用於案例掩埋場之治理方式決策上；若主辦機關依循此模式來決策治理方式，得以降低預算審查、居民意願及政治力等之干擾。
2. 探討垃圾組成調查時所面臨問題及一致化物質分類名詞、內含物，盼得以統合不同機關於治理工程計價項目上之紛歧。
3. 擬定移除工程設計及垃圾組成調查之作業要點，供相關機關製作招標文件參考及得標廠商執行依循。
4. 調查案例掩埋場之垃圾組成及性質，得知剩餘土石方為垃圾移除工程的最大宗產物，具有再利用為工程土方之潛在價值。
5. 此等成果具實務應用性，且可投稿至策略、管理屬性之國際期刊。

[研發成果推廣資料]

日期：99年9月22日

<p>國科會補助計畫</p>	<p>計畫名稱：垃圾掩埋場址之治理及其土地永續利用-垃圾掩埋場址 治理方式探討及移除工程（II） 計畫主持人：楊朝平 教授 計畫編號：NSC 98-2621-M-216-004 領域：土木水利</p>		
<p>研發成果名稱</p>	<p>垃圾掩埋場址治理方式 Engineering practices of landfill mining and Reclamation</p>		
<p>成果歸屬機構</p>	<p>國科會、計畫主持人</p>	<p>發明人 (創作人)</p>	<p>計畫主持人</p>
<p>技術說明</p>	<p>本計畫成果之屬性為「學術應用」，皆屬無形之智慧財產，如治理決策模式、剩餘土石方處理方式組合及案例掩埋場之垃圾組成調查結果等，並無開發出可供申請專利之有形技術。</p>		
<p>產業別</p>	<p>土木、水利、環工。</p>		
<p>技術/產品應用範圍</p>	<p>可供政府相關機關參考。</p>		
<p>技術移轉可行性及預期效益</p>	<p>預期本計畫成果可達到提昇垃圾掩埋場址之治理推動及其剩餘土石方之再利用率。</p>		

無研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：楊朝平		計畫編號：98-2621-M-216-004-				計畫名稱：垃圾掩埋場址之治理及其土地永續利用--垃圾掩埋場址治理方式探討及移除工程(II)	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數(含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	兩名碩士班研究生參與計畫工作
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	1	1	40%	篇	C. P. Yang, 2009, 'The properties of the demolition wastes and their inert materials from Chi-Chi earthquake damaged structures,' Chung Hua Journal of Science and Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 11-18.
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	

		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)	本計畫成果之屬性為「學術應用」，皆屬無形之智慧財產，如治理決策模式、剩餘土石方處理方式組合及案例掩埋場之垃圾組成調查結果等。預期本計畫成果可達到提昇垃圾掩埋場址之治理推動及其剩餘土石方之再利用率。						
--	--	--	--	--	--	--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

1. 可將治理方式決策模式應用於案例掩埋場之治理方式決策上；若主辦機關依循此模式來決策治理方式，得以降低預算審查、居民意願及政治力等之干擾。

2. 探討垃圾組成調查時所面臨問題及一致化物質分類名詞、內含物，盼得以統合不同機關於治理工程計價項目上之紛歧。

3. 擬定移除工程設計及垃圾組成調查之作業要點，供相關機關製作招標文件參考及得標廠商執行依循。

4. 調查案例掩埋場之垃圾組成及性質，得知剩餘土石方為垃圾移除工程的最大宗產物，具有再利用為工程土方之潛在價值。

5. 此等成果具實務應用性，且可投稿至策略、管理屬性之國際期刊。