

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 河道廢棄物掩埋場之完全處理模式評估 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 95-2221-E-216-002-  
執行期間：95年08月01日至96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：余文玲

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年10月17日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 河道廢棄物掩埋場之完全處理模式評估

Evaluation of a complete treatment model for sanitary landfill site in  
waterway

計畫編號：NSC 95-2211-E-216-002

執行期限：95 年 8 月 1 日至 96 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河道上，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。例如於台中縣大里溪之整治上，在工程設計之初即發現大量廢棄物，當地居民強烈要求施工時一併清除。為此，本計畫建議可一勞永逸之「廢棄物完全處理模式」，即開挖廢棄物、分類、回收可利用廢棄物、焚化不可利用廢棄物、再利用土石方等。為了評估此模式之可行性，需施行廢棄物組成、分類技術、土石方性質及處理經費等之分析與調查。本計畫配合水利署第三河川局 96 年度之大里溪整治工程，以其河道廢棄物為調查對象。本研究所建議之處理模式及分析方法可供他處廢棄物掩埋場之清運處理參考。

關鍵詞：廢棄物、掩埋場、完全處理、河道。

## **Abstract**

In Taiwan, there is a large quantity of waste was buried in the suburban waterways in early stage of 20th century. Due to the fast development of economy in Taiwan in the past three decades, the lands near waterway were overdeveloped, therefore the population increased over there. It is necessary for the government in Taiwan should build embankment works for protecting people from danger. For example, in the step of design for improvement project of Taili River, Taichung county, a large quantity of waste under ground was found. The residents strongly requested that the waste should be treated together with construction. Hence, this study proposed a model to fully treat the waste. This model is a sequence of procedures including excavating landfill, classifying waste, recycling useful components, treating un-useful components and reusing residual soils. In order to evaluating the performance of this specified model, the waste components, the classification technology, the properties of residual soils and the treatment expense should be analyzed. This study uses the sanitary landfill buried in waterway of Taili River to be our object. There are lots of sanitary landfill still needed to be treated, thus the results of this study could be applied to other cases.

**Key words:** waste, sanitary landfill, full treatment, waterway

## 一、緒論

約於民國五十年代前後，台灣之廢棄物多掩埋於較偏僻之河道上，這些廢棄物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，使得廢棄物河堤也被洪水沖毀大量廢棄物裸露於外，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，而須重新構築河防構造物。本計畫標的物之「河道廢棄物」，其來源大多為早期之家庭垃圾及下游工業廢棄物，此物之特徵為金屬、玻璃、塑膠等含量少，碳氫化合物都已腐化而使土層呈深黑色，可能含有重金屬等，此特徵為其不同於「營建副產物」之處。

現今，工程主辦單位對工區內廢棄物之處理方式大多為「委外清運」，此為具「駝鳥心態」之處理方式，因為不肖清運業者往往會將廢棄物濫倒於他處，屆時又須另編經費來處理，如此只是循環性的圖利清運業者而已，並非一勞永逸之舉。為此，本計畫建議一「廢棄物掩埋場完全處理模式」，此模式含開挖廢棄物、分類、回收可利用廢棄物、焚化不可利用廢棄物、再利用土石方等程序。

## 二、文獻回顧

對於既存之廢棄物掩埋場須將其穩定化或加以綠美化俾提供休閒空間，於此利用上須考慮之問題為邊坡穩定、沉陷及滲出水等；唯因其具有不均質性、組成複雜性、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。

於邊坡穩定方面，Singh and Murphy (1990)及陳榮河(1990)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。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  $33.0^\circ$ ；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施工所需防護措施及經費預算之參考。

土壤力學之沈陷預估模式並沒有考慮生物分解作用，然而掩埋場之有機物會藉由生化作用及化學反應而被分解，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沈陷以外的額外沈陷。有鑑於此，已有諸多學者致力於所謂的「垃圾力學壓縮理論」之研究；發現孔隙率愈大、有機含量愈多者，其力學壓縮沈陷與最終沈陷皆較大；生物分解常數愈大，最終沈陷結束所需時間愈短；空氣傳導係數愈大，主要壓縮沈陷所需時間愈短等通性[Yen and Scanlon, 1975; Wall and Zeiss, 1992; Stulgis, Soydemir and Telgener, 1995; 黃榮良, 2000]。

掩埋場常因止水及集水設施之缺陷或劣化，而使污水滲出，致污染土層及地下水。於滲出水調查上，主要的監測項目為其重金屬含量（鋅、鎘、銅、鉛等）及水質指標（生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體及氮氣等）。於台灣，早期之掩埋場有被檢驗出含重金屬之處所，而新設掩埋場滲出水的大部分為有機物，可藉由生物方式處理；然而監測設備不足乃為普遍之現象[陳治生, 1999]

一般居民多希望居住區的掩埋場能移除，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。

被丟棄的物質，從消費環節視之是廢棄物；而從生產環節視之是原料或可再利用物，如作為衍生燃料或剩餘土石方再利用等。於衍生燃料方面，吳餘東（1999）研究了台灣地區推廣廢棄物衍生燃料之可行性與潛力；其先彙整先進國家採用之技術及應用案例，再針對可行性技術之投資、操作營運以及國內適用規模進行分析；最後，分就氣態衍生燃料、液態衍生燃料及固態衍生燃料等項進行分析，以掌握台灣地區廢棄物製成衍生燃料之潛力。

另一方面，根據「台中縣烏日、后里垃圾資源回收場可進場之一般事業廢棄物種類規定」，可燃廢棄物之內含物為廢塑膠混合物、廢橡膠混合物、廢紙混合物、廢木材棧板、廢木材混合物、廢纖維及廢棉布等，不可利用不可燃廢棄物之內含物為廢石綿混合物、廢金屬、廢玻璃、燈具及廢電池等。茲以筆者曾調查過之台中縣旱溪河道廢棄物掩埋場為例，其重量比組成為可燃廢棄物 2.829%、不可利用不可燃廢棄物 0.643%及剩餘土石方 96.528%。知曉，早期廢棄物掩埋場之主要組成物為剩餘土石方，應將其再利用以達資源化之效。

唯此剩餘土石方含甚多有機物或雜物，其中雜物乃（可燃廢棄物+不可利用不可燃廢棄物）之總稱。有著書認為土壤中之有機雜物含量在 2%~4%左右，就會影響其工程性質[日本土質工學會, 1985]。Franklin, Orozco and Semrau (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)建議若土壤之雜物含量大於 10%時，不適用為待夯實改良之土料。

### 三、計畫執行流程

本計畫配合水利署第三河川局 95、96 年度之大里溪整治工程執行，以其河道之廢棄物掩埋場為調查對象，計畫之執行流程如圖 1 所示。

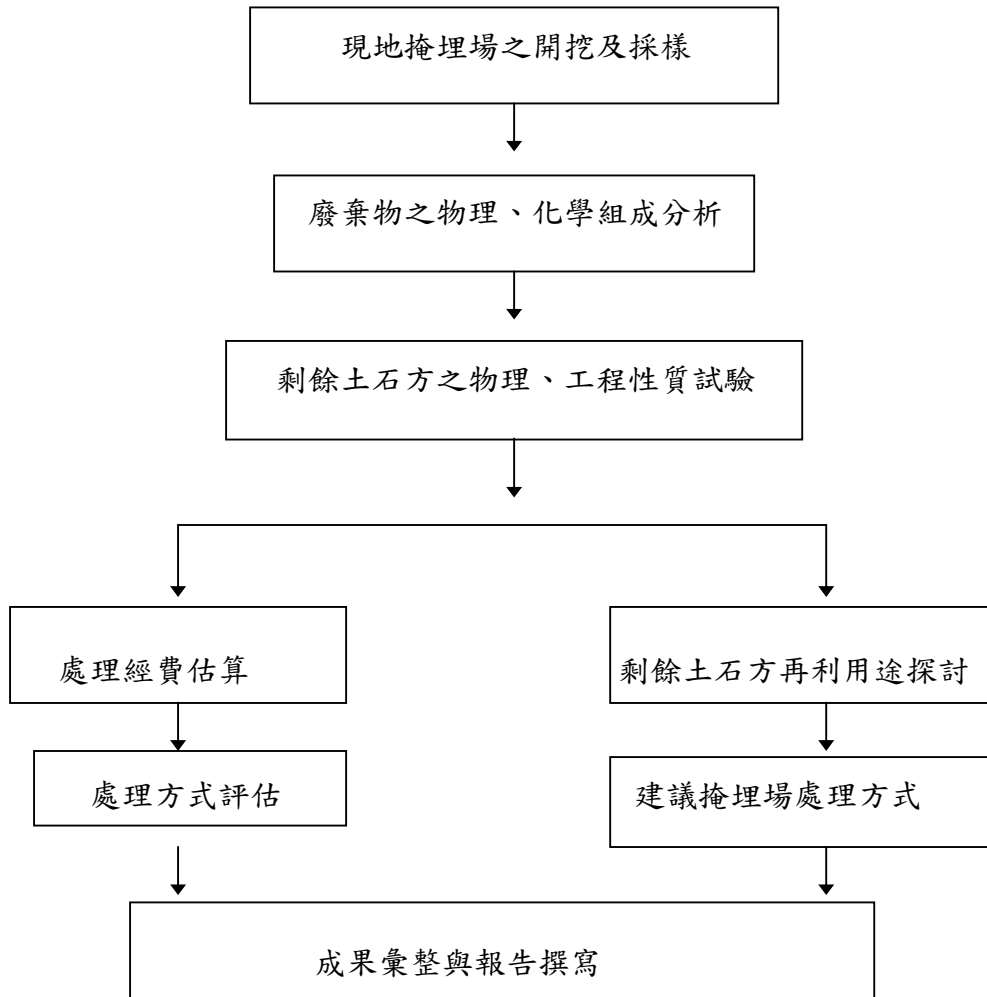


圖 1 計畫執行流程

## 四、試驗方法

### 調查區位

本計畫之試料取自台中縣太平市頭汴坑溪立仁橋至光興隆橋河段之廢棄物掩埋場，其來源大多為早期社會廢棄物、921 震災建築拆除物及天然河床質之混合物。該河段現正由經濟部水利署第九河川局支援第三河川局整治中，其廢棄物廣泛的被堆積於兩岸及近河道之高灘地上，經測量估算其總量約有  $100,000 m^3$ （見圖 2）。



圖 2 廢棄物掩埋情況

### 廢棄物組成調查法

茲參考該工程之契約條文，應將本工區範圍內之廢棄物分類成可燃廢棄物、不可燃廢棄物及廢棄土，三大類。可燃廢棄物含廢塑膠混合物、廢橡膠混合物、廢紙混合物、廢木材棧板、廢木材混合物、廢纖維及廢棉布等，不可燃廢棄物含廢石綿混合物、廢金屬、廢玻璃、燈具及廢電池等，廢棄土含廢混凝土混合物、廢磚類混合物、廢陶瓷混合物及廢土。

計採六處之廢棄物樣品，依該工程標所訂之斷面樁，其採樣點為左岸 1K+350、左岸 1K+450、右岸 0K+900、右岸 1K+50、右岸 1K+200 及右岸 1K+250。於現地採樣時，由挖土機於廢棄物堆裡挖取三斗，將其拌合後續挖取一斗作為樣品，各處之樣品重為  $2,000 N$ （見圖 3）。續將試樣傾倒於帆布上，對其施行廢棄物之內含物分類及含水量、粒徑分布試驗。



圖 3 採樣情形

## 剩餘土石方性質試驗法

本節所述之「剩餘土石方」係指粒徑小於 4.75 mm 之廢棄土，為取自六處採樣點之混合料，即自六點各取 1,500 N 混合後，共得 9,000 N 之試驗材料（以下簡稱試料），將其帶回實驗室供下述所有試驗用。

因應本計畫之需求，所執行之試驗為比重（ASTM D-854 規範）、粒徑分布（篩分析法：ASTM D-452 規範、比重計分析法：ASTM D-422 規範）、稠度（液性限度：ASTM D-4318 規範、塑性限度：ASTM D-427 規範）、*pH* 值（ASTM D-2976 規範）、有機物含量（AASHTO T-267 規範）、夯實（ASTM D-698 規範）、透水（ASTM D-2434 規範）、無圍壓縮（ASTM D-2166 規範）、壓密（ASTM D-2435 規範）及直接剪力（ASTM D-3080 規範）。

## 五、研究成果

### 5.1 廢棄物組成

茲將廢棄物分成可燃廢棄物、不可燃廢棄物及廢棄土，三類物質；於本章將說明三類物質之含量及廢棄土之組成。

### 三類物質之含量

此工程有另外發包廢棄物分類標，圖 4 為分類出來之可燃廢棄物堆，而不可燃廢棄物含廢石綿混合物、廢金屬及廢玻璃等，圖 5 為分類出來之廢棄土堆。



圖 4 分類出來之可燃廢棄物



圖 5 分類出來之廢棄土(右邊土堆)



表 1 廢棄物分類結果及現地狀態一覽

項 目	可燃廢棄物含量 (%)	不可燃廢棄物含量 (%)	廢棄土含量 (%)	濕單位重 ( $ton/m^3$ )	含水量 (%)
左岸：1K+350	2.91	0.66	96.43	1.91	20.8
左岸：1K+450	2.81	0.57	96.62	1.87	20.6
右岸：0K+900	2.56	0.41	97.03	1.86	16.6
右岸：1K+050	4.16	0.42	95.42	1.91	15.2
右岸：1K+200	4.20	0.88	94.92	1.96	21.7
右岸：1K+250	3.73	0.92	95.35	2.04	24.9
平均	3.395	0.643	95.962	1.925	19.967

根據表 1 之數據，知曉六處三類物質之重量比平均含量為可燃廢棄物 3.395%、不可燃廢棄物 0.643%、廢棄土 95.962%，因廢棄物之平均濕單位重為  $1.925 ton/m^3$ ，故可換算  $100,000 m^3$  廢棄物之重量為  $1,925,000 ton$ 。則可由三類物質之重量比平均含量，求得全區內各類物質之總重量為可燃廢棄物  $65,354 ton$ 、不可燃廢棄物  $12,378 ton$ 、廢棄土  $1,847,268 ton$

### 廢棄土之組成

圖 6 為廢棄土之粒徑分布曲線一例；由六處之粒徑分布曲線，知曉其粒徑大於 25 cm 之含量分別為 9.48%、10.13%、5.79%、10.48%、6.27% 及 1.77%，即其粒徑大於 25 cm 之平均含量為 7.32%。因廢棄土之重量為  $1,847,268 ton$ ，故可據以估算出需施行破碎之大顆粒卵礫石土重量為  $135,220 ton$ ，剩餘土石方重量為  $1,712,048 ton$ ，為符合本研究之「廢棄物完全處理」目的，故仍須在後續探討剩餘土石方性質。

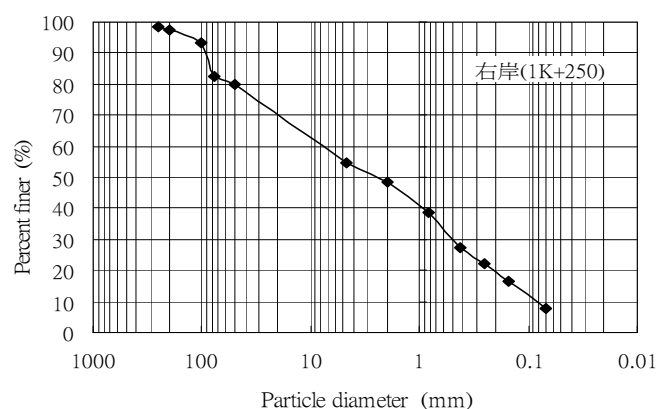


圖 6 廢棄土之粒徑分布 (右岸 1K+250)

## 5.2 剩餘土石方性質

依據經濟部水利署第一河川局（2005）之廢棄物處理計畫書指出，此廢棄物中所含重金屬成分皆相當低，結果均未超過環保法規「有害廢棄物認定標準」，故屬一般廢棄物。因本研究區位之河段與第一河川局之施工河段相連，廢棄物性質與處理方式相近，故可據以認定本研究區位之廢棄物歸類為一般廢棄物，其中所含之剩餘土石方亦可作為工程應用。

### 物理性質

試料之比重  $G_s$  為 2.66，不具塑性，其分類為 SW-SM (含粉土質級配良好之砂)，其滲透係數 ( $k$ ) 為  $1.97 \times 10^{-5}$  cm/sec。另依據行政院環境保護署（2006）之「有害事業廢棄物認定標準」中指出，有害固體廢棄物之 pH 值需大於 12.5 或小於 2.0，而本試料之 pH 值為 7.31，顯示其僅為一般無害之廢棄土，可再利用為工程土方。

### 力學性質

#### 一、 夯實試驗

試料之夯實曲線如圖 7 所示，圖中五點分別代表五種不同調配合水量，由左至右分別 9%、12%、15%、18%、21%，其夯實曲線形狀近鐘形，可明顯辨別其尖峰點。當含水量漸增，試體乾單位重有漸增趨勢，達到曲線尖峰處可得最大乾單位重  $\gamma_{d(\max)}$  為  $16.9 \text{ kN/m}^3$ ，此狀態之含水量稱為最佳含水量 (Optimum Moisture Content) OMC 為 14.2%。若含水量繼續增加，其乾單位重則轉成漸減的趨勢，乃因水分更充滿了土粒孔隙所致。

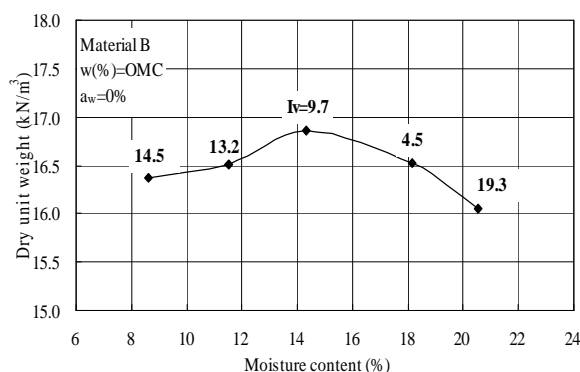


圖 7 試料之夯實曲線

## 二、無圍壓縮試驗

無圍壓縮試驗是一種特別形式之不壓密-不排水壓縮試驗，在圍壓為零之試驗條件下，施加軸向荷重使試體產生破壞，據以求得試體之無圍壓縮強度 $q_u$ 及割線模數 $E_{50}$ ；無人依此二參數估算土層之彈性沉陷量。圖 8 為試體之無圍壓縮曲線，知曉其 $q_u$ 值為  $61.85\text{ kPa}$ 、 $E_{50}$  為  $61.3\text{ MPa}$ 。

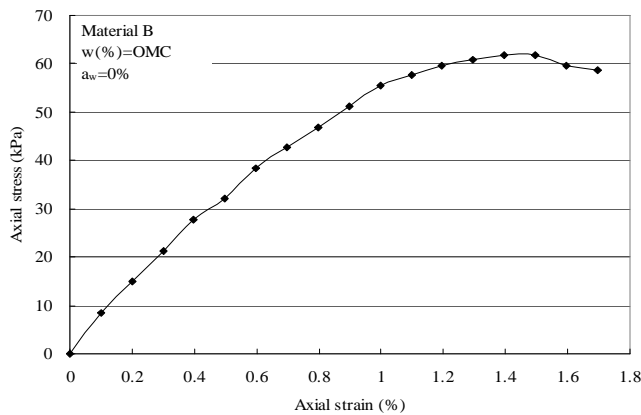


圖 8 試料之無圍壓縮結果

## 三、直剪試驗

直剪試驗是最普遍求得土壤抗剪強度之方法；對處夯實最佳狀態之三個試體，於三種不同之正向應力加載下予以剪動，依此可求得土壤之凝聚力  $c$  及內摩擦角  $\phi$ 。其結果示於圖 9，試料之直剪試驗結果為僅得  $\phi$  為  $30.4^\circ$ 。

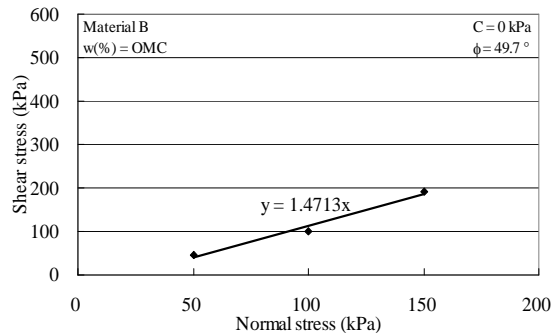


圖 9 試料之直接剪力試驗結果

#### 四、壓密試驗

圖 10 為壓密試驗之（孔隙比~正向應力）曲線，於加壓階段之曲線斜率為壓縮指數  $C_c$ ，於解壓階段之曲線斜率為回漲指數  $C_s$ ，吾人根據此二參數求土層於飽和狀態下之壓密沉陷量。另一方面，圖 11 為特定正向應力作用下之（沉陷量~時間）曲線，據此求其壓密係數  $C_v$ ，吾人可根據此參數求壓密沉陷進行所需時間。此試驗之結果為  $C_c=0.095$ 、 $C_s=0.011$ 、 $C_v=1.115 \times 10^{-3}$ 。

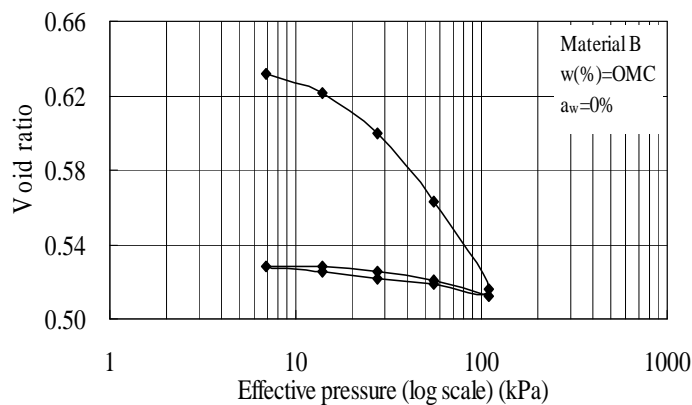


圖 10 壓密試驗孔隙比與正向應力關係

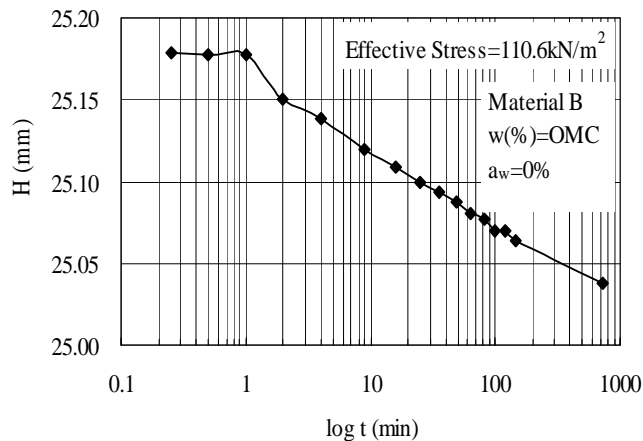


圖 11 壓密試驗之（沉陷量~時間）曲線

綜合前述之剩餘土石方性質，發現其屬無害之廢棄土；分類屬級配良好之粉土質砂礫石，可為良好之路基或堤防材料；又其夯實最大

乾單位重  $\gamma_{d(\max)}$  為  $16.9\text{ kN/m}^3$ ，大於公共工程委員會制定施工綱要規範之要求值  $14.5\text{ kN/m}^3$ ，故可再利用為工程土方。另一方面，其透水性、壓縮性及抗剪強度皆近似同類之自然土石，故宜就地善加利用。

### 5.3 廢棄物處理

#### 處理方案

在遵循一般水利工程契約條款及考量天然石頭可再利用性之大前題下，建議其處理方案為：

##### 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，再利用塊石卵石為籠工、框工及混凝土坡面工底層排塊石之材料，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，再利用塊石卵石為籠工、框工及混凝土坡面工底層排塊石之材料，再利用礫石土為路基或堤身料，外運不可燃物掩埋。

表 2 列出三個方案之正、負面因素，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 7 項。其中，方案一之清除施工作業項目少、工期短等為其正面因素；然而，將全部掩埋物當成不可利用之廢棄物處理，不符合政府所推動之資源再利用、永續經營理念。方案二雖稍能符合資源再利用理念，且具可全面清除廢棄物、處理經費最低等正面因素，但是只再利用含於廢棄物裡之塊石卵石。於方案三方面，其再利用含於廢棄物裡之塊石卵石及礫石土最符合資源再利用理念，且得以使廢棄物的外運量降至最少減緩控管行政業務量；然而，多層次的分類作業及廢棄土再利用，將衍生出工期長、處理經費高、品質估驗作業繁雜等負面因素。

表 2 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"> <li>1.全面清除廢棄物，減少日後河川管理面之困擾。</li> <li>2.符合該工程之契約條款。</li> <li>3.清除施工作業項目少。</li> <li>4.工期短。</li> </ol>
	負面因素	<ol style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>2.無法使用含於廢棄物裡之塊石卵石及礫石土。</li> <li>3.廢棄物外運量大，增加控管行政業務量。</li> </ol>
方案二	正面因素	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.再利用含於廢棄物裡之塊石卵石。</li> <li>2.符合資源再利用、永續經營理念。</li> <li>3.符合該工程之契約條款。</li> <li>4.廢棄物外運量較少，減緩控管行政業務量。</li> <li>5.亦可全面清除廢棄物，減少日後河川管理面之困擾。</li> <li>6.清運經費最低。</li> </ol>
	負面因素	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.清除施工作業項目較多。</li> <li>2.無法使用含於廢棄物裡之礫石土。</li> </ol>
方案三	正面因素	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.再利用含於廢棄物裡之塊石卵石、礫石土。</li> <li>2.符合資源再利用、永續經營理念。</li> <li>3.廢棄物外運量較少，減緩控管行政業務量。</li> </ol>
	負面因素	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.無法全面清除廢棄物，可能遷扯日後河川管理面之問題。</li> <li>2.需增加工程契約之計價項目。</li> <li>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。</li> <li>4.需以人工檢除混凝土碎片及雜物等，清運經費最高。</li> <li>5.工期最長。</li> <li>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。</li> <li>7.若欲再利用此礫石土，需確保其分類品質（雜物含量&lt;2%）。</li> </ol>

### 經費估算

根據該工程契約之計價值，試估算三種方案之廢棄物處理經費於表 3（方案一）、表 4（方案二）及表 5（方案三）。其公部門淨支出費用於方案一為 132,943,645 元、方案二為 122,429,276 元、方案三為 139,220,521 元，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，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；故可據以判釋「方案二」為工程費低之廢棄物處理模式。惟為了遵循政府所推動之資源再利用、永續經營理念，並考量當地居民意見，「方案三」為最接近「廢棄物完全處理」之模式。

表 3 方案一之經費估算

項 目	單 價	數 量	複 價 (元)
分類分篩費	382 元/ $m^3$	68,060 $m^3$	25,998,920
可燃物焚化費	916 元/ton	3,179 ton	2,911,964
不可燃物掩埋費	763 元/ton	136,347 ton	104,032,761
公部門支出 (元)			132,943,645
公部門收益 (元)			0
公部門淨支出 (元)			132,943,645

表 4 方案二之經費估算

項 目	單 價	數 量	複 價 (元)
分類分篩費	382 元/ $m^3$	68,060 $m^3$	25,998,920
可燃物焚化費	916 元/ton	3,179 ton	2,911,964
不可燃物掩埋費	763 元/ton	125,172 ton	95,506,236
有價塊石卵石	391 元/ $m^3$	5,084 $m^3$	1,987,844
公部門支出 (元)			124,417,120
公部門收益 (元)			1,987,844
公部門淨支出 (元)			122,429,276

表 5 方案三之經費估算

項 目	單 價	數 量	複 價 (元)
分類分篩費	382 元/ $m^3$	68,060 $m^3$	25,998,920
可燃物焚化費	916 元/ton	3,179 ton	2,911,964
不可燃物掩埋費	763 元/ton	73,243 ton	55,884,409
礫石土分類分篩費	1,700 元/ $m^3$	38,867 $m^3$	66,073,900
有價塊石卵石	391 元/ $m^3$	5,084 $m^3$	1,987,844
有價礫石土	391 元/ $m^3$	24,708 $m^3$	9,660,828
公部門支出 (元)	150,869,163		
公部門收益 (元)	11,648,672		
公部門淨支出 (元)	139,220,521		

### 處理技術

於本節，茲以「方案三」為廢棄物完全處理之模式，概述其分類流程及相關設施。圖 12 為此處理模式之分類工程流程；而承包商所需準備之分類處理設施如下：

#### (一) 場地

依內政部「營建剩餘土石方處理方案」之規定，將其設置於河川行水區外之平地上，現已完成租借整地事宜。

#### (二) 環保設施

含標誌、圍籬、排水、沉砂池、灑水、防塵、洗車臺、防噪音等設施。

#### (三) 辦公設施

含辦公室、浴廁、機房、停車場等。

#### (四) 分類設施

含挖土機、鏟裝機、大篩網、輸送、卡車、地磅等。

#### (五) 破碎設施

含挖土機、鏟裝機、輸送帶、破碎機等

#### (六) 人力

含監工、技工、事務員、小工等。



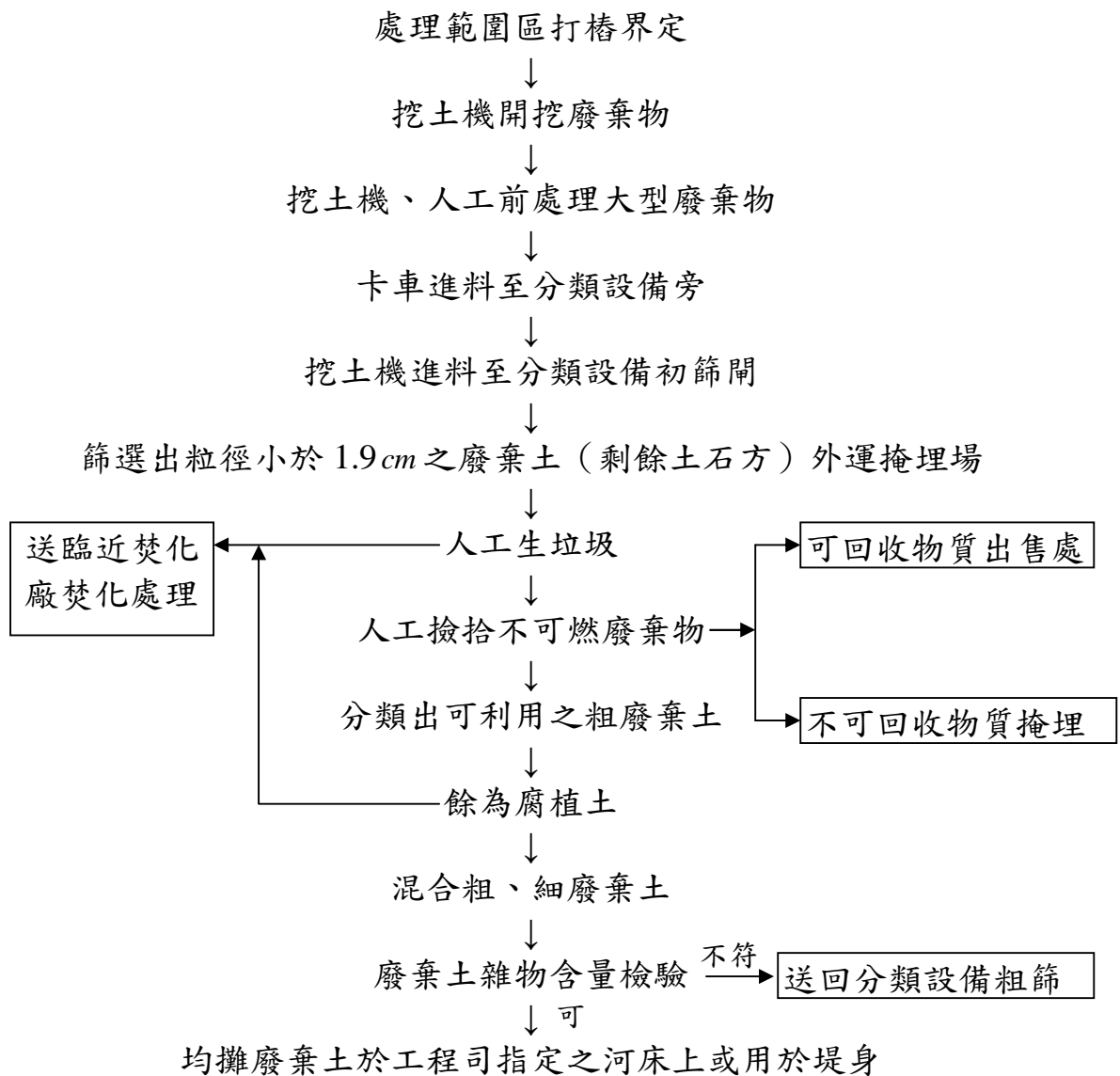


圖 12 廢棄物完全處理模式之分類工程流程

## 六、結論

本計畫以大里溪整治工程之河道廢棄物（體積約  $100,000\text{m}^3$ 、重量  $1,925,000\text{ton}$ ）為對象，調查其諸多性質之後，建議三種處理方案，並提出河道廢棄物掩埋場之完全處理模式。茲歸納本計畫所得之成果如下：

1. 基於工程執行面之考量，宜將廢棄物分類成可燃廢棄物、不可燃廢棄物及廢棄土，三類處理之。
2. 此掩埋場之廢棄物組成（重量比）為可燃廢棄物 3.395%（ $65,354\text{ton}$ ）、不可燃廢棄物 0.643%（ $12,378\text{ton}$ ）、廢棄土 95.962%（ $1,847,268\text{ton}$ ）。
3. 廢棄土中含粒徑大於  $25\text{cm}$  之卵石  $135,220\text{ton}$ 、剩餘土石方  $1,712,048\text{ton}$ ，兩者皆可再利用。
4. 為符合本研究之「廢棄物完全處理」目的，須探討剩餘土石方性質；發現其屬無害之廢棄土，分類屬級配良好之粉土質砂礫石，夯實最大乾單位重  $16.9\text{kN/m}^3$ ，其透水性、壓縮性及抗剪強度皆近似同類之自然土石，故宜就地善加利用。
5. 在遵循一般水利工程契約條款及考量天然土石可再利用性之大前提下，建議了三種處理方案。
6. 方案一之清除施工作業項目少、工期短等為其正面因素；惟將全部掩埋物當成不可利用之廢棄物處理，不符合政府所推動之資源再利用、永續經營理念；其公部門淨支出費用為  $132,943,645$  元。
7. 方案二雖稍能符合資源再利用理念，且具可全面清除廢棄物、處理經費最低等正面因素，但是只再利用含於廢棄物裡之卵石；其公部門淨支出費用為  $122,429,276$  元。
8. 方案三再利用含於廢棄物裡之卵石及礫石土最符合資源再利用理念，且得以使廢棄物的外運量降至最少減緩控管行政業務量；然而，多層次的分類作業及廢棄土再利用，將衍生出工期長、處理經費高、品質估驗作業繁雜等負面因素；其公部門淨支出費用為  $139,220,521$  元。
9. 為了遵循政府所推動之資源再利用、永續經營理念，並考量當地居民意見，以「方案三」為最接近「廢棄物完全處理」之模式。
10. 本計畫已擬出「方案三」之處理分類工程流程及對承包商之要求事項。

## 參考文獻

1. 吳餘東 (1999) , 「台灣地區推廣廢棄物衍生燃料之可行性與潛力研究」, 碩士論文, 機械工程研究所, 元智大學。
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. 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。
5. 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.
6. Lancaster, J., Waco, R., Towle, J. and Chaney, R., (1996), "The effect of organic content on soil compaction," *Proceedings, 3<sup>rd</sup> International Symposium on Environmental Geotechnology*, San Diego, pp.152-161.
7. Singh, S. and Murphy, B. J. (1990), "Evaluation of the Stability of Sanitary Landfills," *Geotechnics of Waste Fills Theory and Practice*, ASTM STP 1070, pp. 240~258,.
8. Stulgis, R. P., Soydemir, C. and Telgener, R. J. (1995), "Predicting landfill settlement", *Geoenvironment*, ASCE, Reston, Va., pp. 980-994.
9. Wall, D.K. and Zeiss, C. (1992), "Municipal landfill biodegradation and settlement," *Environment Engineering*, Vol. 121, No. 3, pp. 214-223.
10. Yen, B. C. and Scanlon, B. (1975), "Sanitary landfill settlement rates," *Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 101, No. 5, pp. 475-487.
11. 日本土質工學會, (1985), 「土質試驗法」, 第三篇, 第三章。