

桃園市政府工務局

焚化再生粒料
使用手冊

中 華 民 國 113 年 5 月

序

灰渣掩埋場日趨飽和及土地難覓

垃圾向為人類生活所產生之副產物，過往多以「掩埋、堆置」作為處理方式，目前國內垃圾處理都以「焚化」方式，以達到減量之效果，隨著經濟發展與環境意識提高，遭遇到土地成本增加及民眾抗爭，設置掩埋場已愈趨困難。

焚化再生粒料取代天然粒料

焚化再生粒料的特質類似於天然粒料，具有取代潛力，故可應用在基地填築、路堤填築、道路級配粒料底層及基層、控制性低強度回填材料、低密度再生透水混凝土、瀝青混凝土、磚品、用於紐澤西護欄及緣石之水泥製品、水泥生料及衛生掩埋場覆土等用途。

會用、敢用、貫徹循環經濟精神

本局與環境保護局合作，以實際的工程案例推動焚化再生粒料應用，使許多相關工程單位如設計、監造、施工等廠商，均能正確理解到材料的性質，化解疑慮後，提高了焚化再生粒料使用意願。過去焚化再生粒料無償供應給產業界使用，本市首開全國之先例，自 111 年 1 月起，改採標售方式辦理，不僅減少天然資源開採，也為市庫創造額外每年約 300 萬元的收入，彰顯材料本身的經濟價值，此正是本市完善料源管控，完足廢棄物管理之下，進一步以政策創造後市需求，提升產品競爭力以徹底實踐循環經濟的精神。

為增進市區道路平整及提升道路服務品質，本局特別訂定本使用手冊，供本局、委託監造廠商、施工廠商及其瀝青混凝土供料廠商據以執行，確保供應本工程材料及施工品質，增進工程效益，亦在源頭實施垃圾減量的同時，設法提升焚化底渣的利用效率。本手冊將分別針對再利用機構生產與管理、刨除粒料之品質管理與檢驗、施工要點等方面說明，並提供工程應用實例，期盼收穫導引、推廣之效。

桃園市政府工務局局長



111年5月23日

目 錄

第一章 總則	1
1.1 緒論	1
1.1.1 緣起	1
1.1.2 目的	3
1.1.3 定義	3
1.1.4 適用範圍	4
1.2 內容架構說明	4
1.2.1 焚化底渣再利用機構之生產與管理	4
1.2.2 焚化再生粒料產品之品質管理與檢驗	4
1.2.3 焚化再生粒料應用用途之施工要點	4
1.2.4 工程應用實例	5
1.3 手冊使用者導引	5
1.4 現行手冊盤點	5
1.5 規範相關要點	7
1.6 使用準則	8
1.7 焚化再生粒料介紹	10
1.7.1 物理性質	10
1.7.2 化學性質	11
第二章 焚化底渣再利用機構之生產與管理	14
2.1 焚化底渣再利用機構	14
2.1.1 焚化底渣再利用機構之設施（備）應符合下列規定	14
2.1.2 桃園市灰渣處理廠	15
2.2 生產	19

2.2.1 焚化底渣再利用處理程序	19
2.2.2 焚化再生粒料環境標準	21
2.3 再利用流向申報管理	22
2.3.1 焚化再生粒料供料要點	22
2.3.2 焚化再生粒料供料管制編號	23
第三章 焚化再生粒料產品之品質管理與檢驗	26
3.1 控制性低強度回填材料	29
3.1.1 焚化再生粒料出廠管制	29
3.1.2 產製階段管制	29
3.1.3 施工階段管制	30
3.1.4 驗收階段管制	30
3.1.5 檢驗	30
3.2 基地及路堤填築	32
3.2.1 焚化再生粒料出再利用機構管制	32
3.2.2 產製階段管制	33
3.2.3 施工階段管制	33
3.2.4 驗收階段管制	33
3.2.5 施工前之檢驗	34
3.2.6 施工中之檢驗	35
3.2.7 完工後之檢驗	35
3.3 道路級配粒料底層與基層	36
3.3.1 焚化再生粒料出再利用機構管制	36
3.3.2 產製階段管制	37
3.3.3 施工階段管制	37
3.3.4 驗收階段管制	37

3.3.5 施工前之檢驗	38
3.3.6 施工中之檢驗	39
3.3.7 完工後之檢驗	40
3.4 磚品	41
3.4.1 焚化再生粒料出廠管制	41
3.4.2 產製階段管制	42
3.4.3 施工階段管制	42
3.4.4 驗收階段管制	42
3.4.5 檢驗	43
第四章 焚化再生粒料應用用途之施工要點	44
4.1 控制性低強度回填材料	44
4.1.1 事前準備	44
4.1.2 澆置	44
4.1.3 養護	45
4.2 基地及路堤填築	45
4.2.1 準備工作	45
4.2.2 施工方法	47
4.2.3 滾壓	49
4.2.4 桃園市特殊工法	50
4.3 道路級配粒料底層與基層	52
4.3.1 路基或基層整理	53
4.3.2 撒鋪材料	53
4.3.3 滾壓	54
4.3.4 保護	55
4.4 磚品	55

4.4.1 高壓凝土地磚	55
4.4.2 透水性凝土地磚	56
第五章 工程應用實例	58
5.1 控制性低強度回填材料	58
5.2 基地及路堤填築	62
5.3 道路級配粒料底層與基層	71
5.4 磚品	77
5.5 構造物回填	81
參考文獻	84

表目錄

表 1-1	現有使用手冊彙整	6
表 1-2	焚化再生粒料物理性質	11
表 1-3	焚化底渣重金屬溶出、戴奧辛總毒性當量濃度與可燃物標準	12
表 1-4	再生粒料環境用途溶出程序(NIEA R222)標準值	13
表 3-1	CLSM 檢驗標準	32
表 3-2	CLSM 檢驗方法	32
表 3-3	檢驗項目與頻率	36
表 3-4	焚化再生粒料之物理性質要求	38
表 3-5	級配粒料試驗方法	39
表 3-6	高壓磚試驗項目	43
表 3-7	透水磚試驗項目	43
表 4-1	抽樣數與試樣數規定值(單位：個)	57
表 5-1	控制性低強度回填材料(CLSM)配比-1	58
表 5-2	控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告-1	59
表 5-3	控制性低強度回填材料(CLSM)配比-2	59
表 5-4	控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告-2	60
表 5-5	控制性低強度回填材料(CLSM)配比-3	61
表 5-6	控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告-3	61
表 5-7	焚化再生粒料毒性溶出試驗重金屬檢測結果對照表	64
表 5-8	焚化再生粒料毒性溶出試驗戴奧辛檢測結果對照表	64
表 5-9	地下水質監測標準	65
表 5-10	水質檢測數據-1	66
表 5-11	水質檢測數據-2	66
表 5-12	CBR 試驗結果	67
表 5-13	CBR 試驗結果	70
表 5-14	各斷面 CBR 值	72
表 5-15	各等級道路平坦度 IRI 指標範圍	74
表 5-16	萬里道路 IRI 檢測值	74
表 5-17	美軍工兵團 PCI 與路面養護關係	75
表 5-18	萬里道路 PCI 檢測值	75
表 5-19	校前路摻配比例	77
表 5-20	焚化再生粒料成本參照表-1	78
表 5-21	中壢銀河水岸亮點工程之混凝土磚使用量及摻配比例	79

表 5-22	中壢銀河水岸亮點工程透水性混凝土磚試驗報告	79
表 5-23	中壢銀河水岸亮點工程焚化再生粒料樣品檢測報告	80
表 5-24	焚化再生粒料成本參照表-2.....	81
表 5-25	水質檢測結果	82
表 5-26	焚化再生粒料成本參照表-3.....	83

圖目錄

圖 1-1 焚化再生粒料使用管制流程圖	9
圖 1-2 焚化再生粒料	10
圖 2-1 全區配置圖	17
圖 2-2 底渣再利用廠房區及其附屬設施配置圖	17
圖 2-3 底渣處理流程	18
圖 2-4 申請流程圖第一階段	23
圖 2-5 申請流程圖第二階段	24
圖 2-6 申請流程圖第三階段	24
圖 2-7 申請流程圖第四階段	25
圖 3-1 焚化底渣再利用三級品管示意圖	26
圖 4-1 拌合用耕耘機	51
圖 4-2 現地添加石灰情形	51
圖 5-1 坍流度試驗	60
圖 5-2 落沉試驗	60
圖 5-3 A20 全案位置圖	62
圖 5-4 試辦範圍示意圖	63
圖 5-5 水質監測平面圖	65
圖 5-6 無圍壓縮試驗結果	67
圖 5-7 忠富路（桃 85 號）彎道改善工程工區範圍平面圖	68
圖 5-8 施工斷面圖	69
圖 5-9 試鋪道路斷面圖-1	72
圖 5-10 試鋪道路斷面圖-2	72
圖 5-11 萬里道路現況	73
圖 5-12 校前路前瞻道路改善工程	77
圖 5-13 銀河水岸亮點工程	77
圖 5-14 福元公園平面圖	82

第一章 總則

1.1 緒論

1.1.1 緣起

循環經濟、節能減碳是全世界發展趨勢，在蔡英文總統 105 年 5 月就職演說內就已強調「讓台灣走向循環經濟時代，把廢棄物轉換為再生資源」為本國重大政策。中央政府為推動循環經濟，鼓勵地方政府逐步將各種再生資源運用於公共工程。桃園市政府(以下簡稱本府)自 105 年起開始籌劃本府如何將再生在利用粒料運用於工程使用，達到該政策目標，並於 107 年訂定桃園市政府再生再利用材料應用策略，擬定各材料於道路斷面使用位置，分別為面層使用氧化硿；基底層使用瀝青混凝土刨除料(上限 60%)；並以焚化再生粒料進行黏土質土壤改良(焚化再生粒料與土壤混和比例 1：1)。

民生垃圾雖然焚化後減少體積，但焚化後仍會產生部分的焚化底渣，如不設法去化，也會造成處理堆置空間的問題，進而恐再造成垃圾無法消化處理的情形，亦屬非常迫切待解決事項。

前述國家民生垃圾所面臨難題結合本國整體施政方向，本府在審慎評估後規劃以焚化再生粒料做為研究解決的對象。本府觀音底渣處理廠每年產出約 6 萬噸。為有效利用所產出之焚化再生粒料，本府於 105 年 10 月與台電公司在觀音區新富路道路挖掘管溝回填料使用加入焚化再生粒料的控制性低強度回填材料(CLSM)，其效果甚佳；自 107 年 7 月 1 日起桃園市轄內 50 公尺以上之管挖工程，每 1 立方米的 CLSM 需使用焚化再生粒料 500 公斤。焚化再生粒料可作為道路級配粒料底層及基層、基地填築及路堤填築、控制性低強度回填材料(CLSM)、混凝土添加料等土石資源替代材料，將可有效強化填築土石方的強度與耐沖刷程度，並可「快速提高」底渣再利用的量，提升土方

工程性質的機理。為提高焚化再生粒料使用效率，擴大多元的去化面向，現階段正與相關學術單位展開如何再運用於道路路床改善、路堤土壤改良、基地土壤強化回填材料等研究，將來會有重大突破，提出更多的使用面向，順利去化本府每年所產生 6 萬噸的焚化再生粒料。

而就循環經濟效益兩大項目來探討分別為碳排放量及成本分析。碳排放量方面，焚化再生粒料穩定土壤之工法與一般置換土壤填築時，皆使用怪手、壓路機、土車等機具，故因此欲比較兩者工法碳排放節省量，可以只比較兩工法差異工項之碳排放量。如焚化再生粒料需由地方環境保護局提供至工區，以及使用農耕機具進行拌合；若使用一般置換土壤工法，需兩趟運距分別由——本研究案例——桃園市福元公園工區運至台北港收容，或桃園境內土方交換。計算結果，使用焚化再生粒料改良土方碳排放量約 $2.89\sim 2.91\text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$ ，一般土方置換方式進行回填，依照工程趕工需求，碳排放量約 $9.37\sim 13.04\text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$ 不等，中間值為 $11.2\text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$ 。故該工法差異值節省 $8.30\text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$ 。

而成本分析方面，焚化再生粒料改良土方經計算包含使用石灰、耕耘機等材料，若單價為 415 元/m^3 ，採一般路基挖方及填方工法單價為 512 元/m^3 ，採用再生粒料新工法約可節省 97 元/m^3 。

效益上可處理民生問題，擴大焚化再生粒料之應用面向，加速去化，避免垃圾大戰，落實保護生態環境、產業轉換、循環經濟、愛護地球及減少開採天然級配粒料及減少廢棄物產生之正面助益。鑑於上述推廣源由，桃園市政府工務局為使各界瞭解焚化再生粒料之正確使用方法，編訂「焚化再生粒料使用手冊」(簡稱「本手冊」)。

1.1.2 目的

自前述內容提及之 105 年觀音區新富路道路挖掘管溝回填料使用加入焚化再生粒料的控制性低強度回填材料(CLSM)後，發現其效果甚佳，故本府便開始大力推動循環經濟材料焚化再生粒料至今，而因應桃園市政府環境保護局新政策，於 2022 年 1 月起市內之焚化再生粒料，改採標售方式提供，預計為市庫創造每年約 300 萬元的收入，桃園市成為全國唯一，採取使用者付費之方式供給焚化再生粒料，收費彰顯了材料本身的經濟價值，也實踐了循環經濟的精神。而本手冊編撰目的，在於配合循環經濟平台，為工程界各單位於使用焚化再生粒料時提供參考依據，透過了解正確之使用方法及相關規定，確保有良好之工程品質。

1.1.3 定義

1. 焚化底渣

本手冊所稱之「焚化底渣」(Incinerator Bottom Ash, IBA) 為篩灰及爐床灰兩者之混合物，篩灰為焚化過程中由爐床火格子間隙中掉落之過篩物；爐床灰為垃圾完全燃燒後(後燃燒段)所殘留的無機性物質，兩者經水淬冷卻後進入底渣貯坑，混合後通稱為「焚化底渣」。

2. 焚化再生粒料

本手冊所稱之「焚化再生粒料」為前述焚化底渣經篩分、破碎及篩選等前處理，並視用途需要採穩定化、熟化或水洗等處理程序後所製成之再生粒料。按行政院環境部公告「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之規定，焚化再生粒料用途共計十項，分別為基地填築、路堤填築、道路級配粒料底層及基層、控制性低強度回填材料、低密度再生透水混凝土、瀝青混凝土、磚品、紐澤西護欄及緣石之水泥製品、水泥生料及衛生掩埋場非與鋼材接觸用工程材料及衛生掩埋場覆土(但不得作為最終覆土)。

1.1.4 適用範圍

本手冊所規範或建議事項配合桃園市較常使用之工程用途，主要撰寫內容為焚化再生粒料應用於基地填築及路堤填築、道路級配粒料底層及基層、磚品與控制性低強度回填材料。

1.2 內容架構說明

本手冊內容包含使用焚化再生粒料所需資訊，各章節內容架構簡述如下：

1.2.1 焚化底渣再利用機構之生產與管理

本章節主要說明焚化底渣再利用機構在生產焚化再生粒料時，所需具備資格及遵循之規定要求，詳如第二章所述。焚化底渣進廠後處理製程與儲放、及焚化再生粒料之儲放、檢測與再利用流向申報管理等作業，應符合「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之規定。

1.2.2 焚化再生粒料產品之品質管理與檢驗

焚化再生粒料產品之品質管理與檢驗如第三章所述，焚化再生粒料於工程應用時，其品質與各階段作業息息相關，故規範相關品質管制措施及注意事項，以提升各焚化再生粒料產品之品質。

1.2.3 焚化再生粒料應用用途之施工要點

本章節主要說明各焚化再生粒料產品之施工要點，分別對於各施工階段之工作需求及施工標準進行說明，詳如第四章所述，並宜參照行政院公共工程委員會頒布之公共工程施工綱要規範相關規定辦理。

1.2.4 工程應用實例

本章節主要說明各焚化再生粒料產品之工程案例，詳如第五章所述，藉由國內各焚化再生粒料產品之試辦，證實焚化再生粒料對環境無二次污染疑慮，並透過實地工程成效檢驗成果，佐證各焚化再生粒料產品之可行性。

1.3 手冊使用者導引

本技術手冊可提供予供料機關（構）（包括地方環保局或其委託之再利用機構）、使用單位（工程單位、加工再製機構或其他運用者）等使用含焚化再生粒料產品的參考資料，其中各單位依其職責可優先參考本手冊部分章節。

1. 供料機關（構）（包括地方環保局或其委託之再利用機構）可參照第二章及第三章內容，訂定產品品質管理與流向追蹤策略及方法。
2. 工程單位或代表工程單位的技術顧問機構（設計及監造單位），於指定使用含焚化再生粒料之產品於特定工程前，應已知悉焚化再生粒料各相關事項，故可參考第二章~第五章內容，選定符合規定之焚化再生粒料及全程管控產品品質。
3. 施工廠商及加工再製機構應參照第三章、第四章及第五章內容，採用正確含焚化再生粒料之生產、產製與施工程序及含焚化再生粒料產品品質控制方法。

1.4 現行手冊盤點

本章節主要針對行政院環境部及桃園市政府環境保護局現有之使用手冊進行彙整，提供給各單位不同之參考依據，讓各單位在使用上能更加安心，更利於焚化再生粒料之推動，並預期未來各單位皆可達到可用、敢用、會用、一定要用之效果。

本手冊與其餘使用手冊之差異性在於本手冊強調材料應用之流程，特別提點廠商於使用材料時之注意要點及使用材料過程中該申請之文件，並介紹材料推動之歷程，讓大眾有更深層之認識，也能讓新進人員加速理解材料之使用方法。

表 1-1 現有使用手冊彙整

使用手冊	單位	年份
焚化底渣再生粒料應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊	行政院環境部	2015
焚化底渣再生粒料應用於道路級配粒料底層使用手冊	行政院環境部	2018
焚化再生粒料應用於基地填築及路堤填築使用手冊	行政院環境部	2020
焚化再生粒料應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊	行政院環境部	2020
焚化再生粒料應用於道路級配粒料底層及基層使用手冊	行政院環境部	2020
焚化再生粒料應用於低密度再生透水混凝土使用手冊	行政院環境部	2020
焚化再生粒料應用於混凝土磚使用手冊	行政院環境部	2020
焚化再生粒料用於紐澤西護欄及緣石之水泥製品使用手冊	行政院環境部	2021
焚化再生粒料應用於瀝青混凝土使用手冊	行政院環境部	2021

1.5 規範相關要點

試辦工程於初期難以推動原因如下：其一，施工綱要規範為相關專業之學者及業界專家，經過無數工程經驗而訂定，具高度可信性，惟新材料及新工法尚無規範可供採用，因此無法進行試辦工程；因無經驗及案例可採納，施工綱要規範訂定過程受阻，無法確認所訂之規範合適性。造成規範、試驗及試辦案三者生成之先後順序產生混亂之問題。

欲使道路面層、道路基層及管溝回填等工程能使用新觀念、新材料（鋼質粒料、瀝青混凝土刨除粒料、焚化再生粒料）及新工法去施作，必須完成本府相關施工規範的修訂，並陸續函送行政院公共工程委員會進行全國公共工程施工綱要規範「第 02741 章 瀝青混凝土之一般要求」、「第 02742 章 瀝青混凝土鋪面」、「第 02722 章 級配粒料基層」、「第 02726 章 級配粒料底層」及「第 03377 章 控制性低強度回填材料」等 5 章施工規範審查編修程序，才能提供全國各工程主辦機關使用，落實全面推動。本府領先全國針對瀝青混凝土刨除粒料、鋼質粒料(氧化碴及轉爐石)、焚化再生粒料等循環經濟材料訂定施工綱要規範，並陸續完成道路工程試辦作業。

透過試驗、試辦、規範同進的方式，召開多次專家學者會議、輔導試辦會議及配比設計研擬等。

焚化再生粒料為新材料及新工法，於規範修定著重材料的來源、提送土壤穩定拌合計畫送審、正面表列可用材料等，概略說明如下：

1. 焚化再生粒料的使用上應依照環境部《垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式》，任何工程上的應用都不可違反中央主管機關的法規限制。

2. 在施工綱要規範「第 02317 章構造物回填」的資料送審中，除了品質管理計畫、施工計畫外，因焚化再生粒料為比較新的工法，故須送審土壤穩定拌合計畫，內容包含焚化再生粒料與生石灰混合比例、建議供料稽核方式、相關試驗方法、拌和方式及現場拌和。
3. 原綱要規範章節並無產品相關規定，為使工程人員放心使用焚化再生粒料，故正面表列於「2.1 材料」新增得採用天然材料及焚化再生粒料等；另因焚化再生粒料與土方穩定處理著重現地土壤性質，因此綱要規範增加公共工程需經由實驗室工作獲得目標區域之土壤性質相關作業方式，包含基本物理性質及試坑數量依據等。
4. 焚化再生粒料穩定土方工法，成功率因素決定於土壤最大乾密度及濕度的掌握，因此增加快速土壤最大乾密度求法。

1.6 使用準則

焚化再生粒料之管制由環境部建置焚化再生粒料流向管理系統，再授權地方環境保護局進行焚化再生粒料管制，因此供料端由地方政府環境保護局認可之供料廠商－以桃園市政府為例，由桃園市灰渣處理廠進行供料，才得以保證品質無虞用在公共工程。

垃圾焚化底渣經再利用處理流程後，生成焚化再生粒料，而焚化再生粒料須申請管制編號，方能進行後續使用，以上流程之主管單位皆為環境部、桃園市政府環境保護局，詳細管制編號申請流程如第三章 3.3 節內容所述。管制編號申請完畢後，此時主管機關改為由工務局負責，經預拌混凝土廠進行處理生成各用途之產品以利工程上之應用。完整之供料管制流程如圖 1-1 所示。

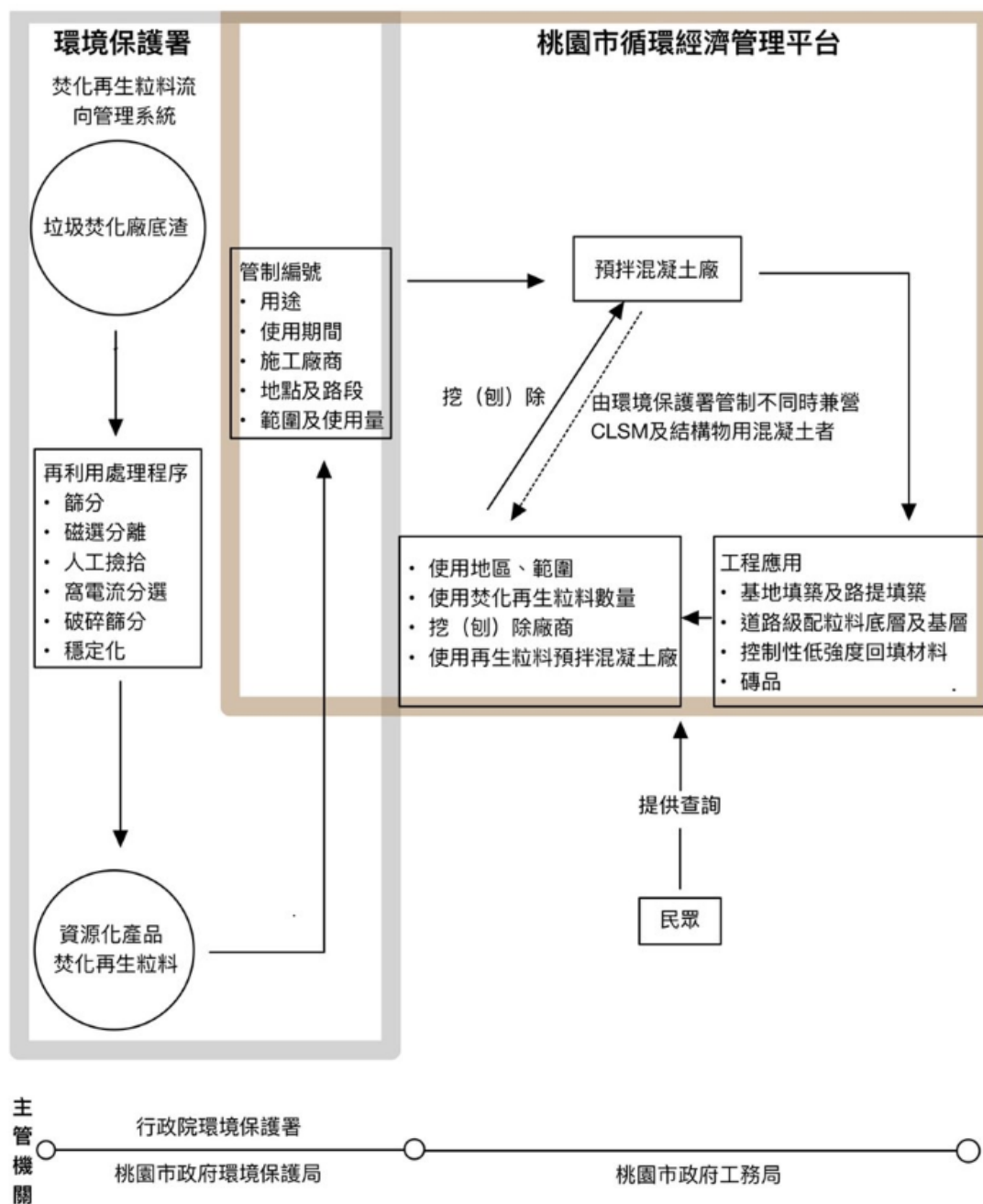


圖 1-1 焚化再生粒料使用管制流程圖

1.7 焚化再生粒料介紹

本章節針對焚化再生粒料之基本性質進行介紹，若想深入了解焚化再生粒料之產製過程及處理技術，係請參考 1.5 小節提及之其餘使用手冊。

1.7.1 物理性質

焚化再生粒料屬多孔隙輕質非均質物質，具有高比表面積的特性。在外觀上，濕潤時呈現深灰色，烘乾後則呈灰白色，細粒料部份烘乾後會呈現團聚之現象，經由手或震動篩即可將部分團塊分散。焚化再生粒料外觀如圖 1-2 所示，焚化再生粒料之物理性質如表 1-2 所示，相較天然粒料而言，焚化再生粒料的比重較輕及吸水率較高之外，在磨損率及健度方面也相對較高，但焚化再生粒料仍具有符合規範要求的磨損率及健度。



圖 1-2 焚化再生粒料

表 1-2 焚化再生粒料物理性質

試驗項目	試驗方法	試驗值	
		粗粒料	細粒料
細度模數	CNS 486 粗、細粒料篩析法	6.0~6.3	3.0~3.5
比重	CNS 487 細粒料比重與吸水率試驗法	1.8~2.4	1.5~2.3
吸水率(%)	CNS 488 粗粒料比重與吸水率試驗法	3.0~9.0	8.0~18.0
磨損率(%)	CNS 490 粗粒料(37.5 mm以下)洛杉磯磨損試驗法	35~45	-
硫酸鈉健度(%)	CNS1167 使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法	2~8	4~12

1.7.2 化學性質

1. 焚化底渣

焚化底渣交付再利用機構前，應依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之附表一「底渣交付再利用之條件」規定，針對戴奧辛總毒性當量濃度、重金屬毒性溶出、可燃物等檢測項目分別採用事業廢棄物毒性特性溶出程序(NIEAR201)、戴奧辛及呋喃檢測方法—同位素標幟稀釋氣相層析／高解析質譜法(NIEA M801)、一般廢棄物焚化底渣可燃物含量檢測方法(NIEAR221)之檢測方法做篩檢。表 1-3 為焚化底渣重金屬溶出、戴奧辛總毒性當量濃度與可燃物之標準。

表 1-3 焚化底渣重金屬溶出、戴奧辛總毒性當量濃度與可燃物標準

項目		檢測方法	標準值	備註
毒性特性溶出程序	總鉛(mg/L)	事業廢棄物毒性特性溶出程序(NIEA R201)	≤ 5.0	檢測結果達有害事業廢棄物認定標準，其底渣不得送再利用機構進行前處理，並應經固化法、穩定化法或熱處理法處理至檢測值低於有害事業廢棄物認定標準後，採衛生掩埋方式處理。
	總鎘(mg/L)		≤ 1.0	
	總鉻(mg/L)		≤ 5.0	
	總硒(mg/L)		≤ 1.0	
	總銅(mg/L)		≤ 15.0	
	總鋇(mg/L)		≤ 100.0	
	六價鉻(mg/L)		≤ 2.5	
	總砷(mg/L)		≤ 5.0	
	總汞(mg/L)		≤ 0.2	
戴奧辛總毒性當量濃度 (ng I-TEQ/g) (備註：指含2,3,7,8-氯化戴奧辛及呋喃同源物等17種化合物之總毒性當量濃度)		戴奧辛及呋喃檢測方法—同位素標幟稀釋氣相層析／高解析質譜法(NIEA M801)	≤ 1	
可燃物(%)		一般廢棄物焚化底渣可燃物含量檢測方法(NIEA R221)	≤ 2.0	-

資料來源：環境部「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之規定，109 年 05 月 18 日公告。

2. 焚化再生粒料

焚化再生粒料應依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之附表二「焚化再生粒料環境標準」規定，屬第一級、第二級環境標準者得用於各產品，重金屬溶出當量濃度應採「再生粒料環境用途溶出程序(NIEA R222)」作為溶出檢測方法，若符合第一級環境標準得使用於敏感區域(屬管理方式公告事項七之限制使用之地點)、符合第二級環境標準得使用於一般區域(非管理方式公告事項七之限制使用之地點)。表 1-4 為再生粒料環境用途溶出程序(NIEA R222)試驗之相關標準值。

表 1-4 再生粒料環境用途溶出程序(NIEA R222)標準值

檢測項目		第一級 標準值	第二級 標準值
再生粒料 環境用途 溶出程序 (NIEA R222)	鉛（毫克/公升）	≤ 0.01	≤ 0.1
	鎘（毫克/公升）	≤ 0.005	≤ 0.05
	鉻（毫克/公升）	≤ 0.05	≤ 0.5
	銅（毫克/公升）	≤ 1.0	≤ 10
	砷（毫克/公升）	≤ 0.05	≤ 0.5
	汞（毫克/公升）	≤ 0.002	≤ 0.02
	鎳（毫克/公升）	≤ 0.1	≤ 1
	鋅（毫克/公升）	≤ 5.0	≤ 50

資料來源：環境部「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之規定，109 年 05 月 18 日公告。

第二章 焚化底渣再利用機構之生產與管理

2.1 焚化底渣再利用機構

焚化底渣再利用機構，係為處理焚化底渣使焚化再生粒料符合公告再利用用途之機構，除應符合「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之各項規定外，並須具備下列條件：焚化底渣再利用機構應為取得底渣處理許可之廢棄物處理業、依促進民間參與公共建設法與主辦機關簽訂投資契約之民間機構設置之廢棄物處理設施、直轄市政府環境保護局或縣（市）政府環境保護局（以下簡稱地方環保局）。

2.1.1 焚化底渣再利用機構之設施（備）應符合下列規定

1. 底渣之貯存，不得有廢棄物飛揚、逸散、滲出、污染地面或散發惡臭情事，貯存場所應設有排水收集處理設施。貯存場所之地點受「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」公告事項七第一項第一款至第四款規定限制。
2. 焚化再生粒料之貯存場所應設有排水收集處理設施。貯存場所之地點受公告事項七第一項第一款至第四款規定限制。
3. 底渣及焚化再生粒料應依據來源焚化廠之不同，採分廠分區貯存及標示，且其貯存區內物品堆置高度不得超過圍牆高度。
4. 再利用機構入口處應設置地磅系統，並定期依相關法規校正及留存紀錄，所有物品及車輛進出再利用機構均應過磅，依序記錄進出時間、車程、重量、物品內容。

5. 再利用機構內應設置閉路電視錄影監視系統，其配置如下：

A. 設置地點：

- a. 再利用機構所有進出口、地磅系統處，攝錄並應及於再利用機構內車行所有路徑。
- b. 處理設備投入口、處理流程作業區及衍生廢棄物、焚化再生粒料出料口。
- c. 再利用機構底渣、衍生廢棄物及焚化再生粒料貯存區。
- d. 其他經主管機關指定地點。

B. 攝錄監視畫面及系統規格：

- a. 攝錄監視畫面應為彩色清晰影像，並顯示日期及時間。夜間攝影應提供足夠光源以供辨識。
- b. 攝錄監視系統應能連續二十四小時作業，錄影間隔時間至少一秒一畫面為原則。

C. 攝錄紀錄保存及故障排除：

- a. 應保存連續六個月影像紀錄。
- b. 如攝錄系統異常或故障，應即向主管機關報備，並於一週內修復，且於事後提報該期間營運紀錄及修復情形說明，送主管機關備查。

6. 焚化再生粒料如有於再利用機構外貯存需求，應事先提報貯存計畫，送貯存地點主管機關核准。

2.1.2 桃園市灰渣處理廠

一、簡介

我國垃圾處理於民國 80 年訂定「垃圾處理方案」，以「焚化為主、掩埋為輔」；87 年進一步推動「資源回收四合一計畫」，增加資源回收量，減少垃圾焚化掩埋量；並於 92 年訂定「垃圾處理方案之檢討與展望」，採「垃圾零廢棄」政策，在 92 年也

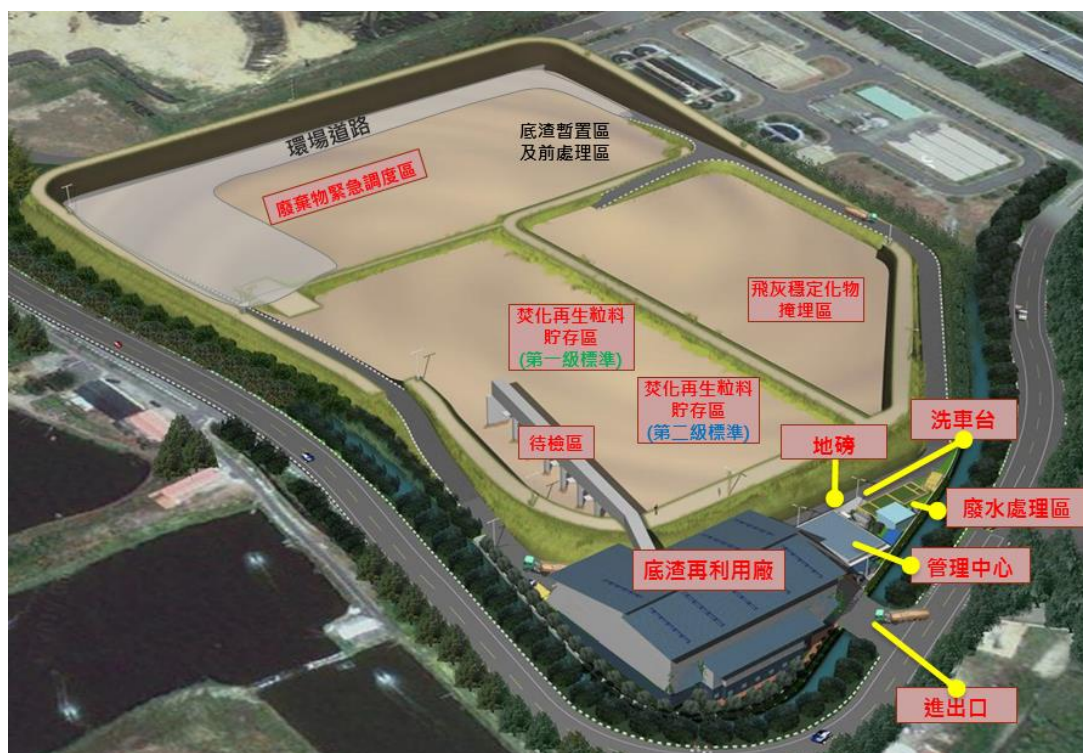
公布了垃圾焚化廠焚化底渣再利用規定，並於民國 99 年行政院環境部推動「六年國家重大發展計畫－焚化灰渣資源再生利用計畫」，將焚化灰渣規劃進入資源再生利用體系。

桃園市垃圾焚化廠之底渣年平均產生量約為 6 萬公噸，近年來環保意識興起與環保產業的發展，對於資源再利用及環境之永續發展更加重視，歐美國家對於焚化底渣再利用技術已臻成熟，因此桃園市政府環境保護局以「整建－營運－移轉」(ROT)方式，透過民間資金投資，投入技術與設備進行既有灰渣掩埋場之整建營運工作，其中部份區域整建為底渣再利用處理廠，進行底渣篩分選、穩定化、熟化等處理製程，產出之焚化再生粒料可作道路級配粒料底層及基層、基地填築及路堤填築、控制性低強度回填材料、無筋混凝土添加料、瀝青混凝土添加料、磚品添加料及水泥生料添加料等用途，促使焚化底渣資源有效循環再利用，並可減少灰渣掩埋量，增加掩埋場使用年限，達到永續利用的目標。

二、廠區配置

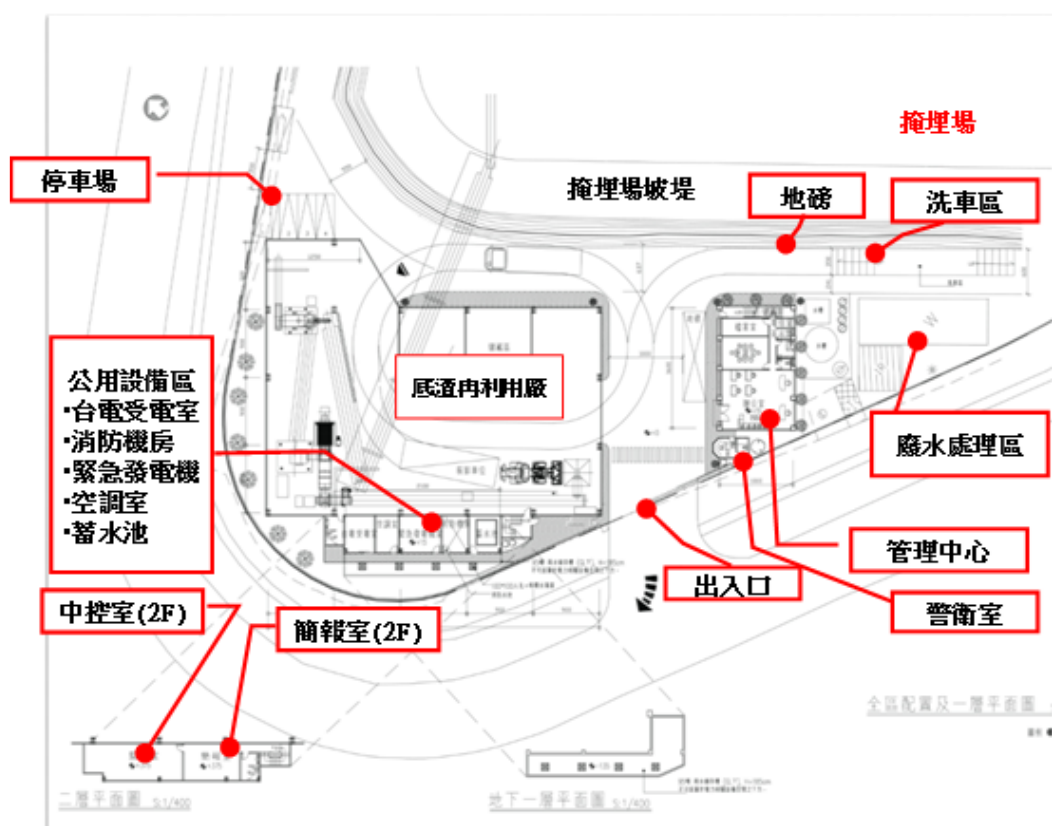
桃園市灰渣處理廠之廠址原為已完工之灰渣掩埋廠，開發面積共 4.97 公頃，按設施功能區分為掩埋區、底渣再利用產品(再生粒料)儲存區、底渣再利用廠、管理中心及廢水處理區，全區配置如圖 2-1 所示。

依據底渣再利用處理廠之設計處理能力、法規規定之批次底渣暫存區容量，故於本場西向之最大空地上設置底渣再利用廠，而在其對面配置管理中心，底渣再利用廠廠房區之配置以垂直化之規劃空間進行設計，配置圖如圖 2-2；地磅之位置配置於洗車區前，其優點在於可控管欲駛離場區之載運車輛皆經過洗車台沖洗車輛，可減少車行揚塵。



資料來源:呂委員明錡提供。

圖 2-1 全區配置圖



資料來源：呂委員明錡提供。

圖 2-2 底渣再利用廠房區及其附屬設施配置圖

三、操作營運

焚化底渣之處理係採用乾式之處理方式，底渣經由物理分選(如風選、磁選、渦流分選及破碎)等方式將底渣中的雜物(如未燃燒完全之物質)經過分選篩分出，最終之物質則為本場之主要產品-再生粒料，再生粒料之物理性質與天然粒料類似，故依據現行「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」(行政院環境部，109 年 05 月 18 日公告)之再利用規定，再生粒料可作為道路級配粒料底層及基層、基地填築及路堤填築、控制性低強度回填材料、無筋混凝土添加料、瀝青混凝土添加料、磚品添加料及水泥生料添加料等用途；其處理流程如圖 2-3。

焚化底渣之處理流程係經垃圾焚化廠產生之焚化底渣運送至桃園市灰渣處理廠後，先於底渣儲存區貯放後排定上線；於桃園市灰渣處理廠處理過程中，底渣將由鏟裝車鏟料後先進入進料斗，將大型之未燃物或石塊先行篩除，經由輸送帶續經由人工檢拾平台將較大型之雜物或鐵金屬先行挑選出，續經由風選單元篩選輕質未燃燒完全之可燃物，再經由磁選及渦電流分選將磁性物質及電性物質篩選出，剩餘之物料將由破碎機破碎後，經由篩分機進行篩分，產出焚化再生粒料。

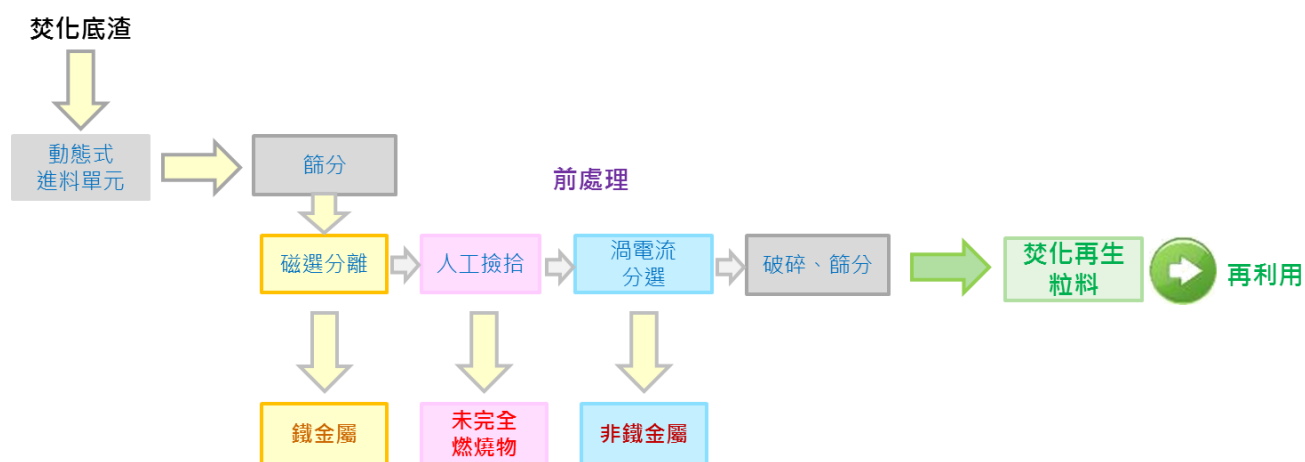


圖 2-3 底渣處理流程

在廢棄物清運方式方面，進場之焚化底渣由桃園市垃圾焚化廠管理單位委託合格之清除機構清運，其運載卡車均為焚化底渣清運專用車，並於車身明顯處標示，且車上備有全球衛星導航系統-GPS 系統，並備有行車記錄功能與通訊設備。

而在環境保護措施方面，污染管制除管末處理外，源頭管理亦為不可忽略的一環，故桃園市灰渣處理廠於營運期間備妥污染防治設備之操作手冊，培訓操作人員所需技術，並定期維修污染防治設備且作成記錄。營運後逐季監測周遭環境包含空氣品質、地面水及地下水、交通等項目，車輛駛離廠區，則先經洗車設備，減少車行揚塵，另廢(污)水主要來源係為焚化底渣滲出水、洗車廢水及生活污水，各股廢(污)水會經由專用管線匯集至桃園市灰渣處理廠之廢水處理廠，經前處理後納排至大潭污水處理廠為主。

2.2 生產

為提升焚化底渣再利用機構生產之焚化再生粒料品質，對於焚化底渣再利用處理程序應符合「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，另各階段作業時應注意事項，分述如下。

2.2.1 焚化底渣再利用處理程序

焚化底渣之再利用處理程序，指再利用前須先經篩分、破碎及篩選等前處理，其用途為基地填築、路堤填築及道路級配粒料底層及基層者，前處理完成後並應採穩定化、熟化或水洗方式處理，如採熟化方式處理者，其熟化期自底渣進再利用機構至焚化再生粒料出再利用機構止，至少為四十五日且不受貯存期限限制；其作為其他用途者，得視需要於前處理後採穩定化、熟化或水洗方式處理。為提升焚化再生粒料之品質，生產過程中各階段作業應注意以下事項。

1. 前處理

- A. 焚化底渣內若含有大型未燃物或其他物質時，應先利用大型格柵網進行篩選。
- B. 破碎篩分執行前，為確保篩選之物料粒徑符合預設規格及品質，再利用機構方應確認篩分柵網無變形或破損，能完善執行篩分作業。
- C. 為分離出未燃物、鐵金屬及非鐵金屬等物品，再利用機構內可搭配設置風選、磁選及渦電流分離設備。
- D. 分離之未燃物、鐵金屬及非鐵金屬等物品，宜分別存放，並設有適當的隔離設施，以避免發生混料情形。
- E. 分離後剩餘之廢棄物出再利用機構時，應留存紀錄，包含數量、出廠車輛車號、時間、車程、磅重、載重、駕駛簽名文件。
- F. 再利用機構內若有配合人工進行拾撿各類物品，在進入工作場所前應設置安全警告標誌，提醒工作人員應穿戴衛生安全設備，如安全帽、手套、口罩等防護措施。

2. 穩定化處理

- A. 採用穩定化方式進階處理時，建議使用磷酸鹽系、矽酸鹽系、硫化物系及螯合物系之化學藥劑。藥劑庫存品應明確標示廠牌及型別。
- B. 在噴灑藥劑時，藥劑用量應依據運送帶上承載量進行調整，並建議於後端適當位置設置混拌設施，以使焚化底渣能均勻裹覆藥劑。

3. 熟化處理

- A. 採熟化方式進階處理時，其熟化期至少為四十五日且不受貯存期限限制，並應按來源焚化廠之不同，以採分廠分區貯存，並明確標示熟化起迄日期。
- B. 焚化再生粒料在堆置期間，宜定時翻攪，以均勻熟化效果。

4. 水洗處理

- A. 採用水洗方式進階處理時，再利用機構內應搭配設置震動式篩選機、洗砂機、泥砂分離機及污泥脫水等設備。
- B. 為使處理廢水能符合環保放流水標準，再利用機構內宜設置廢水處理設施，其處理單元建議包含沉澱、調勻池、混膠凝、過濾及活性炭。

2.2.2 焚化再生粒料環境標準

- 1. 焚化再生粒料於出再利用機構前，應每五百公噸至少檢測一次；其焚化再生粒料環境標準如「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」附表二。
- 2. 檢測結果超過前款標準者，該批焚化再生粒料不得再利用，於進行改善措施後，依前款頻率進行檢測，檢測結果符合標準者，始得再利用。

2.3 再利用流向申報管理

2.3.1 焚化再生粒料供料要點

1. 底渣產生地之地方環保局、再利用機構及供料機關（構）應於每月十日前以網路傳輸方式申報前一個月底渣再利用情形；其申報項目，如附表三。如有變更時，應即上網申報變更內容。
2. 焚化再生粒料之申報規定及遞送聯單遞送方式，如附表四及附表五。
3. 焚化再生粒料使用前，應以書面或網路傳輸方式取得工程管制編號、清運者管制編號及使用者管制編號，供料機關（構）始得供料；另如有變更時，應即上網申報變更內容；各項管制編號申請須知如附件一。
4. 焚化再生粒料之清運機具應裝置即時追蹤系統，且清運機具裝置之系統規格應符合應裝置即時追蹤系統之清運機具及其規定公告之規定。
5. 供料機關（構）於焚化再生粒料供應且完成使用後十五日內，應以網路傳輸方式申報妥善使用證明，並檢送書面資料，包括過磅單及使用地點於施工前、中、後照片或錄影資料，向原核准工程管制編號之地方環保局申請解除列管，副知使用地（或產生地）之地方環保局備查。
6. 前開機關應依供料機關（構）提送佐證資料進行查核作業，並依實際查核結果辦理解除列管，並將判定結果登載於網路申報系統，以通知工程單位及供料機關（構）。

2.3.2 焚化再生粒料供料管制編號

1. 第一階段(申請使用單位管制編號)：

各單位申請使用管制編號時，需經環保局審查，通過後將由環保局核發使用單位管制編號，其中，申請對象分為三大類，第一類為政府機關、國營企業及一般公司、第二類為特許廠商、第三類為預拌混凝土廠商，各類型之申請對象需檢附之文件皆有所差異，詳細需檢附之文件及申請流程圖如圖 2-4 所示。詳細流程圖請參照以下網址或於桃園市環境保護局官方網站內查詢。

https://www.tydep.gov.tw/TYDEP/TYDEP/Content/Upload/Forms/%E7%94%B3%E8%AB%8B%E6%B5%81%E7%A8%8B%E5%9C%96_1070808.pdf

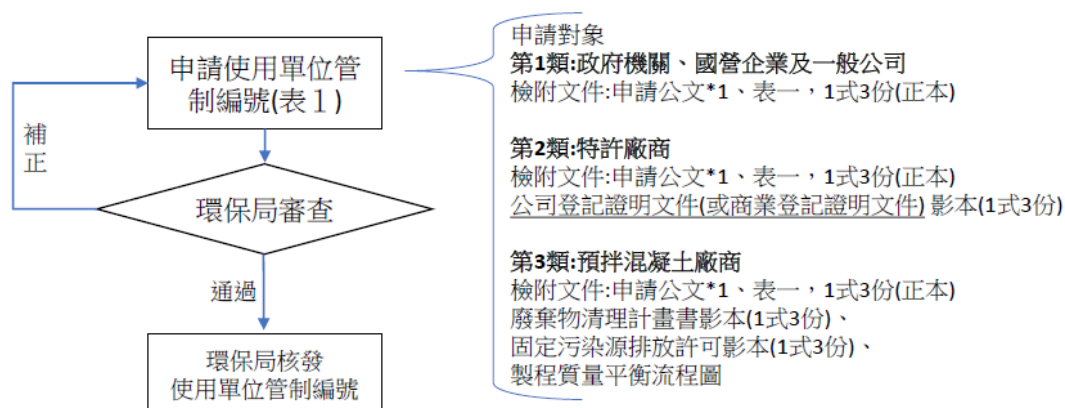


圖 2-4 申請流程圖第一階段

2. 第二階段(申請工程管制編號)：

各單位取得使用單位管制編號後，接而申請工程管制編號，同需經環保局審查通過後，方能取得環保局核發之工程管制編號，詳細需檢附之文件及流程圖如圖 2-5 所示。

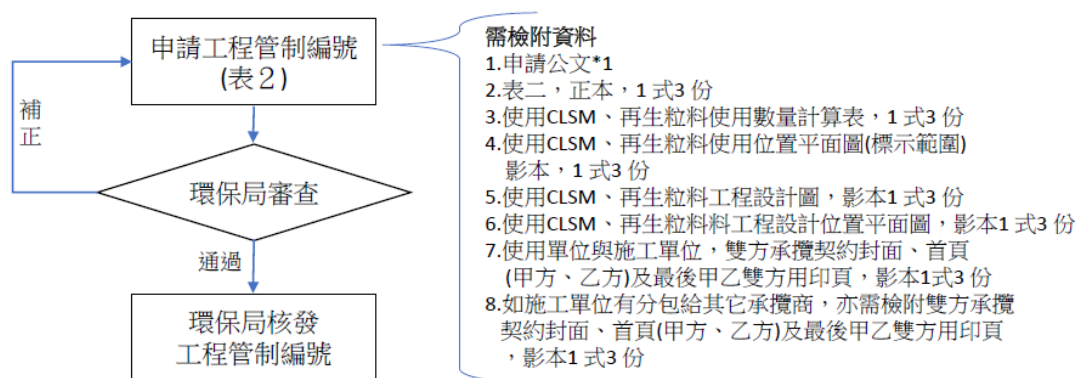


圖 2-5 申請流程圖第二階段

3. 第三階段(申請工程管制編號、由工程單位視工程進度)：

各單位取得工程管制編號後，需提出焚化再生粒料供料申請書，同需經環保局審核通過後，方可進行後續供料作業，由工程單位或加工再製機構與環保局焚化再生粒料供料單位協調後續相關載運日期及其餘細節，其中需注意依環境部規定，工程單位(或工地)於當日收受 CLSM 或焚化再生底渣再生粒料，務必於當日傳真「出料單或收受再生粒料文件」給供料單位，供料單位需於加工再製機構出料後 24 小時內完成申報。詳細申請流程及提出焚化再生粒料供料申請書時該檢附之文件和注意事項如圖 2-6 所示。

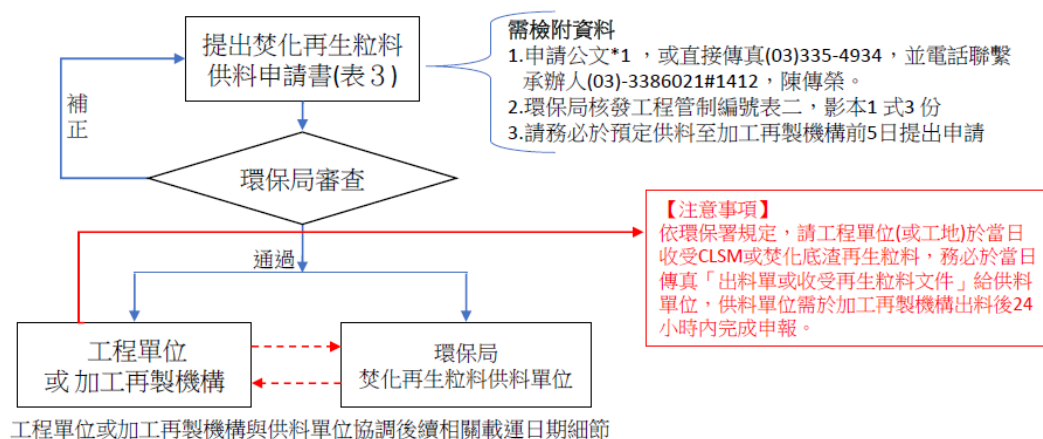


圖 2-6 申請流程圖第三階段

4. 第四階段(工程單位提出結案申請、供料完成)：

供料單位提出結案申請書，並經由環保局審查後，通知工程單位及環保局登入管制系統後，方可結案。其中需檢附之文件及詳細流程如圖 2-7 所示。

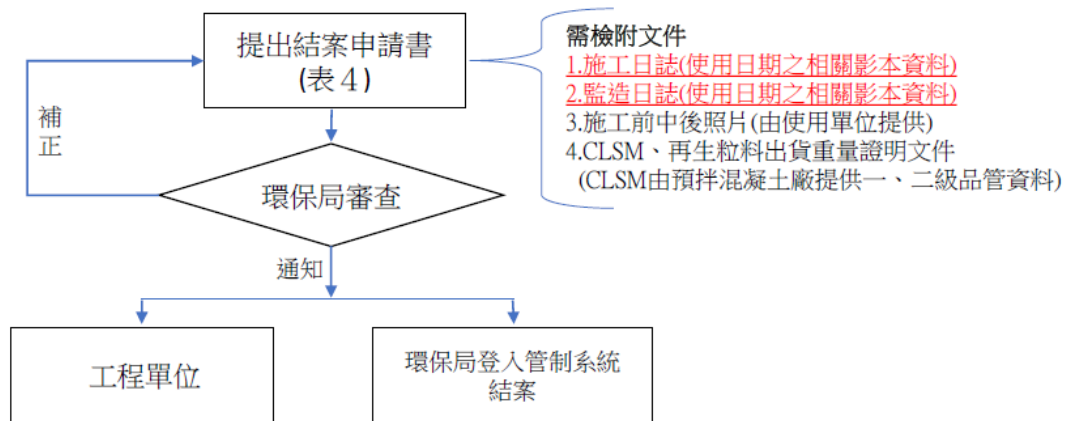


圖 2-7 申請流程圖第四階段

第三章 焚化再生粒料產品之品質管理與檢驗

本章節是以行政院環境部執行品質查核系統、地方主管機關執行品質保證系統及再利用機構執行品質管制系統之三級品管現況說明探討，並提出執行之問題。焚化再生粒料之三級品管示意圖如圖 3-1 所示。

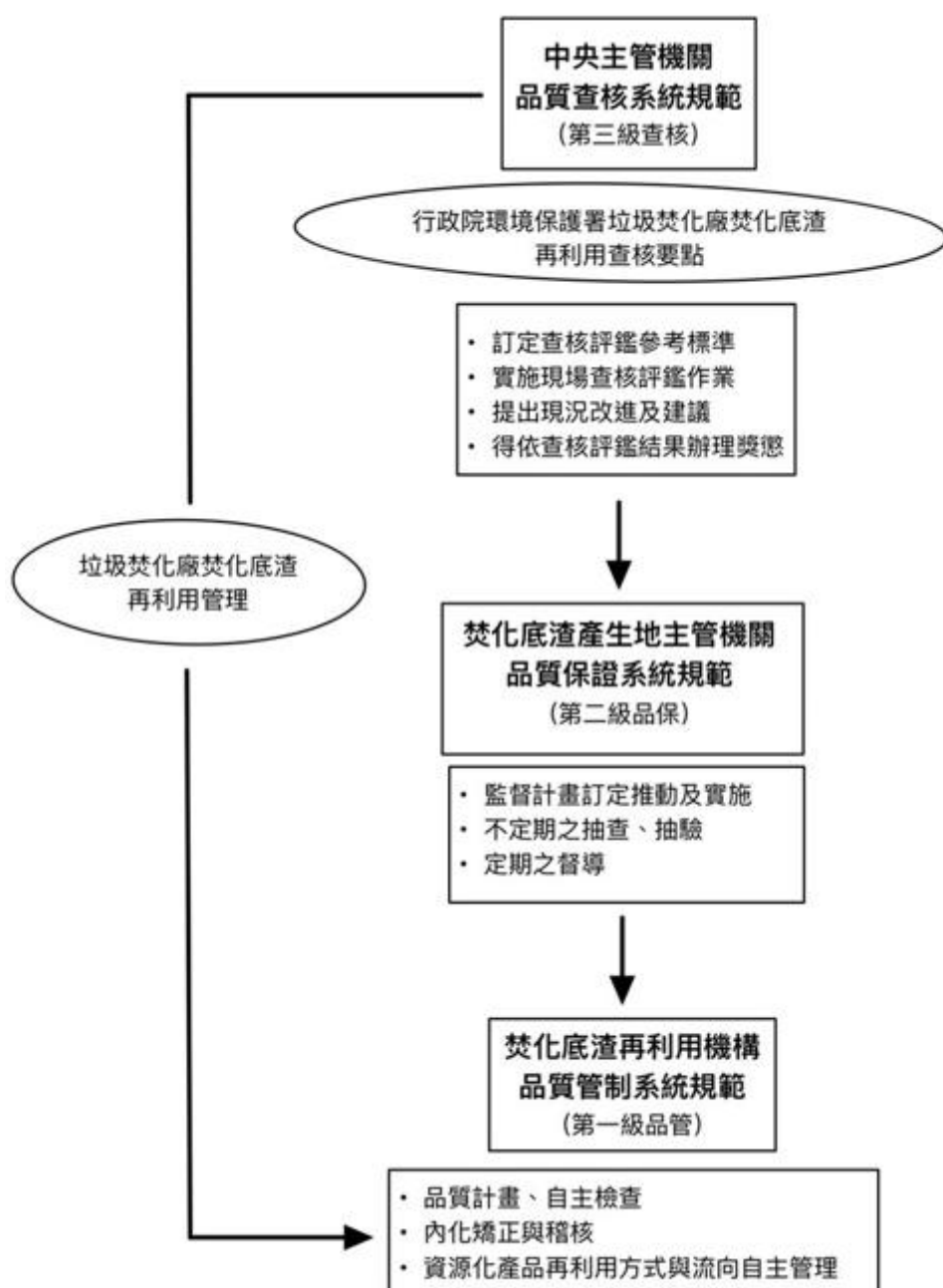


圖 3-1 焚化底渣再利用三級品管示意圖

一、再利用機構品質管制系統(第一級)規範

底渣再利用機構應針對其運作及資源化產品，實施第一級自主品質管制系統，訂定品質計畫並據以推動實施。品質計畫之內容應至少包括：

1. 成立品管組織並訂定管理責任：含專責人員及專業技術人員設置等。
2. 訂定作業方式：進廠底渣特性資料、貯存、清運、處理及再利用方式、進廠底渣接收之品管作業程序、整廠操作維護之品管作業程序、污染防治計畫及環境監測計畫等。
3. 訂定品質管理標準。
4. 訂定資源化產品品質檢驗、資源化產品流向追蹤之品管作業程序
5. 訂定自主檢查表並執行檢查。
6. 訂定不合格品之管制程序。
7. 執行矯正及預防措施。
8. 執行內部品質稽核。
9. 建立文件紀錄管理系統。

二、地方主管機關品質保證系統(第二級)規範

底渣產生地之地方主管機關應自行或委託機構，實施第二級品質保證系統，訂定監督計畫並據以推動實施，並得視需要以任務編組方式成立督導小組協助執行。監督計畫之內容應至少包括：

1. 成立監督組織。
2. 訂定監督作業方式及頻率。
3. 審查再利用機構之品質計畫並監督執行。
4. 審查再利用機構之作業方式並監督執行。
5. 抽驗資源化產品品質。
6. 抽查資源化產品流向。包括逐筆線上複核確認再利用機構之預先申報內容。
7. 抽驗（查）結果如不符合規定，應即通知再利用機構限期改善並辦理複驗（查）。
8. 建立文件紀錄管理系統。

三、中央主管機關品質查核系統(第三級)規範

中央主管機關應自行或委託機構，實施第三級品質查核系統，組成查核小組執行年度查核評鑑工作。查核小組之作業內容包括：

1. 訂定查核評鑑參考標準。
2. 實施現場查核評鑑作業。
3. 提出現況改進及建議。
4. 得依查核評鑑結果辦理獎懲。

3.1 控制性低強度回填材料

3.1.1 焚化再生粒料出廠管制

- (1) 焚化底渣進料時，應依行政院環境部公告「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之底渣交付再利用之條件辦理，並可搭配查驗及抽樣檢驗，加強管控料源用以穩定生產品質。
- (2) 焚化底渣及焚化再生粒料應按來源廠別及批號，分區貯存。
- (3) 依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，焚化再生粒料每 500 公噸應至少抽樣檢驗一次，並須符合法規品質要求，方可作工程使用，且於出再利用機構時應提供品質檢驗報告。
- (4) 焚化再生粒料之比重、吸水率及磨損率需符合規格要求，方可作為級配粒料底層之粒料。

3.1.2 產製階段管制

- (1) 承包商應評估拌合廠所提供之焚化再生粒料供應商資格，與確認焚化再生粒料產源。
- (2) 拌合廠應確認焚化再生粒料出廠檢驗報告之品質規格符合「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」，及工程會施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」之規定，方可進料。
- (3) 拌合廠應依照承包商要求之粒料規格與工程性質，使用工程預定用料進行配比設計與試拌，待確認配比設計結果符合需求後，經工程單位審查核可則可進行產製。

3.1.3 施工階段管制

- (1) 拌合廠應依照審查核可之配比進行產製，若有變更需求時，應先通知承包廠及取得工程機關之認可後，方可執行，並留存相關紀錄。
- (2) 含焚化再生粒料之控制性低強度回填材料(CLSM)應於拌合廠進行產製作業，以確保所產製控制性低強度回填材料(CLSM)之品質。
- (3) 承包商應依規範要求頻率，辦理含焚化再生粒料之控制性低強度回填材料(CLSM)品質檢驗。
- (4) 澆置時，應均勻澆置，並確保控制性低強度回填材料(CLSM)之密實性，以避免對埋設物產生偏壓，及造成控制性低強度回填材料(CLSM)內部空洞或強度分布不均的情形。
- (5) 完工後，需進行灑水等養護作業，待確認達到初凝狀態後才可進行後續瀝青混凝土面層等鋪設工程。
- (6) 根據焚化廠焚化底渣再利用管理方式附表二之規定，禁止控制性低強度回填材料(CLSM)使用於自來水保護區。

3.1.4 驗收階段管制

- (1) 應查驗施工時控制性低強度回填材料(CLSM)之管流度或坍流度、落沉強度試驗報告，及工程施工紀錄。
- (2) 控制性低強度回填材料(CLSM)之 28 天抗壓強度試驗結果，應符合規範規定。

3.1.5 檢驗

含焚化再生粒料之控制性低強度回填材料(CLSM)檢驗方式參照工程會施工綱要規範第 03377 章控制性低強度回填材料內容，建議相關規範值如下表 3-1 所述，使用時可依現行規範

內容作調整，檢驗方式如表 3-2 所示，相關說明如下。

1. 控制性低強度回填材料(CLSM)除依工程需求訂定特殊檢驗項目外，宜按本節規定方式進行檢驗，並符合如表 6-2 之基本性質要求。另對於氯離子含量檢測部分，如無鋼材腐蝕疑慮時，報請工程司同意後，得免辦理本項試驗。
2. 控制性低強度回填材料(CLSM)於澆置時，應依照 CNS 15864 所規定之程序取樣，進行檢、試驗。
3. 應進行管流度或坍流度。試驗應依 CNS 14842 及 CNS 15462 之相關規定進行，試驗頻率與抗壓強度試驗相同，可視現場狀況隨時增加試驗頻率。
4. 為確保後續工作的執行，應進行 CNS 15862 落沉強度試驗，當落沉強度試驗之壓紋直徑小於 76 mm，可做為進行後續工作之判定。
5. 抗壓強度試驗，每種控制性低強度回填材料每澆置 50 m³，應取樣一次製作一組至少二只圓柱試體，不足 50 m³者，以 50 m³ 計，但分批取樣餘數未達 25 m³ 者，得併入前一組取樣，每次澆置量未達 20 m³ 者，得免做抗壓強度試驗。
6. 圓柱試體應依照 CNS 15865 之規定製作及試驗。
7. 除設計時另有規定外，控制性低強度回填材料(CLSM)規定抗壓強度為 28 天齡期之試驗強度。

表 3-1 CLSM 檢驗標準

項目	試驗方法	要求
^{註1} 管流度(cm)	CNS 15462	15-20
^{註1} 坍流度(cm)	CNS 14842	40以上
落沉強度試驗	CNS 15862	一般型：24小時 早強型：4小時
28天抗壓強度(kgf/cm ²)	CNS 15865	90 ^{註2} 以下

註1：管流度及坍流度可擇一試驗辦理。

註2：因應國內使用狀況，如使用工程為永久的結構回填，建議強度以不超過 90 kgf/cm² 為佳，如應用為鋪面管溝工程之回填，則建議不超過 50 kgf/cm² 為上限。

表 3-2 CLSM 檢驗方法

項次	CLSM檢驗方法	
1	CNS 14842	高流動性混凝土坍流度試驗法
2	CNS 15462	控制性低強度材料流動稠度試驗法
3	CNS 15862	測定控制性低強度材料施加荷重時機之落球試驗法
4	CNS 15863	控制性低強度材料密度（單位重）、拌成物體積、水泥含量及含氣量（比重計法）試驗法
5	CNS 15864	新拌控制性低強度材料取樣法
6	CNS 15865	控制性低強度材料圓柱試體之製備及試驗法

3.2 基地及路堤填築

3.2.1 焚化再生粒料出再利用機構管制

1. 焚化底渣進料時，應依行政院環境部公告「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之底渣交付再利用之條件辦理，並可搭配查驗及抽樣檢驗，加強管控料源用以穩定生產品質。
2. 焚化底渣及焚化再生粒料應按來源廠別及批號，分區貯存。
3. 依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，焚化再生粒料每 500 公噸應至少抽樣檢驗一次，並須符合法規品質要求，方可作工程使用，且於出再利用機構時應提供品

質檢驗報告。

4. 焚化再生粒料應需符合設計規格及工程要求等，方可作為基地填築及路堤填築之材料。

3.2.2 產製階段管制

1. 承包商應先評估焚化再生粒料供應商之資格，確認焚化再生粒料之產源。
2. 承包商應查驗焚化再生粒料出再利用機構檢驗報告，品質符合「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，及基地填築及路堤填築使用要求，方可進料。
3. 確定基地填築及路堤填築之用途，以決定焚化再生粒料與天然粒料之混合比例。

3.2.3 施工階段管制

1. 承包商應依規範要求頻率，辦理含焚化再生粒料之基地填築及路堤填築品質檢驗。
2. 滾壓時，可依現場工地密度試驗結果，調整夯實能量，避免過度夯壓使粒料產生破碎。
3. 底層完工後，於面層施工前可酌量灑水養護，以維持最佳含水量狀態。

3.2.4 驗收階段管制

1. 查驗施工中壓實度試驗報告及工程施工紀錄。
2. 現場平整度及厚度檢驗，應符合規範之規定。

3.2.5 施工前之檢驗

1. 焚化再生粒料應符合行政院環境部垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式之焚化再生粒料環境標準，且焚化再生粒料於使用前，應每五百公噸至少檢測一次，依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」附表二所列辦理。
2. 焚化再生粒料之工程性質需符合施工綱要規範第 02331 章「基地及路堤填築」要求：

A. 填方區

- (a) 不可含有淤泥、樹根、草皮、腐植土或不適材料。
- (b) 不適材料包含木本、草本及蔓藤類植物或屬於污泥、腐植土及最大乾密度小於 1500 kg/m^3 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。
- (c) 依工程用土壤分類標準(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。

B. 路基頂面

- (a) 路基頂面之材料需符合填方區品質要求。
- (b) 符合設計圖說之設計強度(CBR、R 值、回彈模數三者其一)。

3.2.6 施工中之檢驗

施工中之品質，宜參照工程會施工綱要規範第 02331 章「基地及路堤填築」相關檢驗方式與品質要求，進行檢驗，每層填方厚度應壓實至規定壓實度，經工程司核可後方可繼續鋪設下一層。

1. 工地密度試驗

每 1,000 m² 做密度試驗一次，路基頂面以下 75 cm 以外，密度應為最大乾密度之 90 % 以上；路基頂面以下 75 cm 以內，密度應為最大乾密度之 95 % 以上，密度應以 AASHTO T191 方法試驗。若經工程司同意可用其他方法試驗。

2. 滾壓檢驗(路基頂面下 75 cm 以外之石堤)

若採用滾壓檢驗(Proof Rolling)時，應以工程司認可之重貨車，行駛整個路基面至少 3 次(一往返為一次)不產生移動或裂痕凹陷者方為合格。滾壓檢驗所用重車須為後軸雙輪，其後軸載重在 8 噸以上，輪胎壓力為 7 kgf/cm²。

3.2.7 完工後之檢驗

1. 填築滾壓達到設計高程或工程司所設定之高程後，於整修路基及鋪築基層或底層前，除設計圖說另有註明外，路堤應在 60 日期間，以測沉設施測得之路基沉陷量少於 1 cm 者為合格；或擱置經過 200 日。二者之耗時較短者，可視為沉陷已穩定之等候期。該等候期之目的，為使路面鋪築前路堤本身能獲得最大之沉陷量。

2. 除契約另有規定外，檢驗項目頻率如表 3-3 所示。

表 3-3 檢驗項目與頻率

檢驗項目	依據規範	適用範圍	要求	頻率
壓實度	AASHTO T180	路基頂面下 75 cm 以外	最大乾密度之 90 %以上	每 1000 m ² 一次
		路基頂面下 75 cm 以內	最大乾密度之 95 %以上	每 1000 m ² 一次

註：密度若經工程司同意可用其他方法試驗。

3.3 道路級配粒料底層與基層

3.3.1 焚化再生粒料出再利用機構管制

- (1) 焚化底渣進料時，應依行政院環境部公告「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之底渣交付再利用之條件辦理，並可搭配查驗及抽樣檢驗，加強管控料源用以穩定生產品質。
- (2) 焚化底渣及焚化再生粒料應按來源廠別及批號，分區貯存。
- (3) 依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，焚化再生粒料每 500 公噸應至少抽樣檢驗一次，並須符合法規品質要求，方可作工程使用，且於出再利用機構時應提供品質檢驗報告。
- (4) 焚化再生粒料之比重、吸水率及磨損率需符合規格要求，方可作為級配粒料底層或基層之材料。

3.3.2 產製階段管制

- (1) 承包商應先評估焚化再生粒料供應商之資格，確認焚化再生粒料之產源，並向再利用機構取得供應證明文件。
- (2) 承包商應查驗焚化再生粒料出廠檢驗報告，品質符合「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，及級配粒料底層或基層材料規格要求，方可進料。
- (3) 確定級配粒料底層或基層之級配類型，以決定焚化再生粒料與天然粒料之混合比例。
- (4) 依工程會施工綱要規範第 02722 章「級配粒料基層」、第 02726 章「級配粒料底層」，拌和作業應於再利用機構或砂石場內進行或經目的事業主管機關核可後辦理現地拌和。

3.3.3 施工階段管制

- (1) 承包商應依規範要求頻率，辦理含焚化再生粒料之級配粒料之品質檢驗。
- (2) 滾壓時，可依現場工地密度試驗結果，調整夯實能量，避免過度夯壓使級配粒料產生破碎。
- (3) 底層或基層完工後，於面層施工前可酌量灑水養護，以維持最佳含水量狀態。

3.3.4 驗收階段管制

- (1) 查驗施工中壓實度試驗報告及工程施工紀錄。
- (2) 現場平整度及厚度檢驗，應符合規範之規定。

3.3.5 施工前之檢驗

- (1) 焚化再生粒料應符合行政院環境部垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式之焚化再生粒料環境標準，且焚化再生粒料於使用前，應每五百公噸至少檢測一次，依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」附表二所列辦理。
- (2) 材料應符合施工綱要規範第 02726 章「級配粒料底層」要求。
 - A. 焚化再生粒料應替除石膏、黏土塊、橡膠、塑膠、紙、布、木材及其他易碎物質等雜質。
 - B. 粗粒料須不含有機物、塊狀或團狀之土塊、雜物及其他有害物質，且於加水滾壓後，容易壓成一堅固而穩定之底層者。
 - C. 粗粒料應質地堅韌及耐久，經洛杉磯磨損試驗 CNS 490 結果，其磨損率不得大於 50 %。
 - D. 粗粒料及細粒料經 CNS 487、CNS 488 之規定辦理，其比重不得小於 1.5，吸水率不得大於 20 %。
 - E. 焚化再生粒料與天然粒料之混合比例，應由組成之級配粒料規格及品質決定，如表 3-4，廠商應依契約圖說之規定辦理，試驗方法可參考表 3-5。
 - F. 結構強度會隨焚化再生粒料之使用量增加而降低，故焚化再生粒料添加比例不建議超過 30 %。
 - G. 道路級配粒料底層中有添加焚化再生粒料者，建議壓實度要求提高至 98 %，以達足夠之承載力。

表 3-4 焚化再生粒料之物理性質要求

項目	規定值	試驗方法
磨損率(%)	< 50	CNS 490
比重	> 1.5	CNS 487、 CNS 488
吸水率(%)	< 20	

表 3-5 級配粒料試驗方法

項次	項目	試驗方法
1	粗細粒料篩析法	CNS 486
2	細粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法	CNS 487
3	粗粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法	CNS 488
4	粗粒料(37.5mm 以下)洛杉磯磨損試驗法	CNS 490
5	使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法	CNS 1167
6	土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法	CNS 5088
7	土壤含水量與密度關係試驗法(標準式夯實試驗法)	CNS 11777
8	土壤含水量與密度關係試驗法(改良式夯實試驗法)	CNS 11777-1
9	夯實土樣加州載重比試驗法	CNS 12382
10	夯實土壤阻力 R 值及膨脹壓力試驗法	CNS 12383
11	依粗料含量調整土壤夯實密度試驗法	CNS 14732
12	以砂錐法測定土壤工地密度試驗法	CNS 14733
13	級配粒料基層、底層及面層用材料	CNS 15305
14	土壤及細粒料之含砂當量試驗法	CNS 15346
15	公路或機場底層、基層用碎石級配粒料	CNS 15358

3.3.6 施工中之檢驗

施工中之品質，須參照工程會施工綱要規範第 02722 章「級配粒料基層」、第 02726 章「級配粒料底層」相關檢驗方式與品質要求，進行檢驗。

1. 級配粒料試驗頻率

使用再生級配粒料時，除供料稽核外，每 500 m³ 做一次試驗，符合其級配規格及品質要求。

2. 工地密度試驗

每 1,000 m² 做密度試驗一次，不足 1,000 m²，每層應至少做一次密度試驗。試驗方法應以 CNS 14733 或 AASHTO T238 等標準方法求之。

3. 壓實度要求

- A. 級配粒料底層或基層應滾壓至設計圖或特定條款所規定之壓實度。
- B. 如無明確規定時，底層或基層壓實度至少應達到依 CNS 11777 或 CNS 11777-1 方法試驗，再以 CNS 14732 方法校正所得最大乾密度之 95 % 以上。
- C. 如試驗結果未達規定密度時，應繼續滾壓，或以翻鬆灑水翻曬晾乾後重新滾壓之方法處理，務必達到所規定之密度為止。

3.3.7 完工後之檢驗

完工後底層之品質，須參照工程會施工綱要規範第 02726 章「級配粒料底層」相關檢驗方式與品質要求，進行驗收檢驗。

1. 頂面平整度

- A. 完成後之底層或基層頂面應平順、緊密及均勻表面。
- B. 底層頂面平整度許可差以 3 m 之直規沿平行，或垂直道路中心線方向檢測時，其任何一點高低差均不得超過±1.5 cm；如面層厚度在 7.5 cm 以下時，其底層頂面之高低差不得超過±0.6 cm，不合格處應予整平壓實。

- C. 基層頂面平整度許可差以 3 m 之直規沿平行，或垂直道路中心線方向檢測時，其任何一點高低差均不得超過 ± 2.5 cm。

2. 鋪設厚度

- A. 完成後之底層或基層，由工程司隨機選取代表性地點鑽洞檢測其厚度。檢測之頻率為每 1,000 m² 做一次。
- B. 任何一點之底層鋪設厚度不得比設計厚度少 1.0 cm 以上。
- C. 任何一點之基層鋪設厚度不得比設計厚度少 2.0 cm 以上。
- D. 各點厚度之平均值不得小於設計厚度。
- E. 如完成後之厚度未能符合以上規定時，應將其表面翻鬆後補充新料，並按規定重新滾壓至合格為止。經徵得工程司同意後，廠商得以上層較佳材料彌補不足之厚度，惟不得要求加價。
- F. 檢測厚度所留洞孔應以適當之材料填補夯實。

3.4 磚品

3.4.1 焚化再生粒料出廠管制

- (1) 焚化底渣進料時，可目視查驗及抽樣檢驗，加強管控料源之未燃物及雜質含量，以穩定生產品質。
- (2) 焚化底渣及焚化再生粒料應按來源廠別及批號，分區貯存。
- (3) 依「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，焚化再生粒料每 500 公噸應至少抽樣檢驗一次，並須符合法規品質要求，方可作工程使用，且於出廠時應提供品質檢驗報告。

3.4.2 產製階段管制

- (1) 承包商應先評估焚化再生粒料供應商之資格，確認焚化再生粒料之產源。
- (2) 承包商應查驗焚化再生粒料出廠檢驗報告，品質符合「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」規定，及磚品使用要求，方可進料。
- (3) 確定磚品類型，以決定焚化再生粒料與天然粒料之混合比例。
- (4) 按工程用地範圍內所用混凝土磚總數之 1 %；每一種類、顏色及樣式之數量均應依照工程數量之比例，提供備品。

3.4.3 施工階段管制

- (1) 承包商應依規範要求頻率，辦理含焚化再生粒料之混凝土磚品質檢驗。
- (2) 檢查待鋪設混凝土磚之基層表面是否夯實或對鋪面有不良影響之情況。
- (3) 檢查尚未安裝之混凝土磚是否損壞。

3.4.4 驗收階段管制

- (1) 查驗施工中壓實度試驗報告及工程施工紀錄。
- (2) 現場混凝土磚平整度檢驗，應符合規範之規定。

3.4.5 檢驗

1. 業主或設計發包單位為確認製磚廠所有原物料皆符合公共工程規範使用規定，可請廠商提供各材料之試驗報告。
2. 根據規範「CNS 13295 高壓混凝土磚」，高壓磚產品執行之項目如表 3-6 所示。
3. 根據規範「CNS 14995 透水性混凝土磚」，透水磚產品執行之項目如表 3-7 所示。

表 3-6 高壓磚試驗項目

編號	項目
1	外觀尺寸
2	抗壓強度
3	耐磨性
4	抗彎強度

表 3-7 透水磚試驗項目

編號	項目
1	外觀尺寸
2	抗壓強度
3	抗彎強度(試體長度需超過 28cm)
4	透水試驗

第四章 焚化再生粒料應用用途之施工要點

4.1 控制性低強度回填材料

4.1.1 事前準備

- (1) 施工前應先依設計圖說之規定完成填築範圍內雜物之清除與基地整平作業。若澆置於已施築之混凝土表面或岩石面時，澆置前表面應保持清潔、粗糙、潤濕，並清除多餘之積水；若澆置於土壤表面時，應先將表面之雜物及有機物質清除，並整平，以確保所澆置控制性低強度回填材料(CLSM)品質不受影響。
- (2) 施工前應確認所有埋設物已按規定裝設及固定完竣，以避免澆置時因碰撞或震動搗實時發生位移。

4.1.2 澆置

- (1) 澆置前，為確保拌合材料呈均勻分布狀態，應以機械方式充分拌合控制性低強度回填材料(CLSM)。
- (2) 澆置時，可於預拌車澆置口覆蓋防護套，以避免控制性低強度回填材料(CLSM)發生噴濺情形，影響施工環境品質。
- (3) 控制性低強度回填材料(CLSM)在灌入回填區時，應在管路等埋設物以均勻且左右平均的方式澆置，以避免對結構體產生偏壓現象，並可使用整平工具將控制性低強度回填材料(CLSM)鋪平，利於後續其他鋪設作業。
- (4) 控制性低強度回填材料(CLSM)澆置過程中可視需要進行震動搗實，避免形成內部空洞或各部份強度不均勻的情況，以確保控制性低強度回填材料(CLSM)之密實性。

- (5) 若回填區具坡度時，可依現地坡度需要，調配較低坍流度之控制性低強度回填材料(CLSM)，並視坡度情況加設隔板或分段施工。

4.1.3 養護

- (1) 控制性低強度回填材料(CLSM)澆置完成後，需進行灑水養護，並使用麻袋、塑膠布及其他適當物品覆蓋或依設計圖說規定辦理，養護時間依設計圖說規定。
- (2) 於初凝前，可於管溝兩側作安全維護措施，以避免發生人車誤陷管溝而造成危險。另若於道路施工，在瀝青混凝土路面層鋪設前，必要時於管道上方覆設防滑蓋板以供人車通行。
- (3) 於初凝後，控制性低強度回填材料(CLSM)頂部表面若有泌水，需先清除或鋪設細砂吸乾表面泌水後再掃除，待確認頂部表面為乾燥狀態後，再鋪設瀝青混凝土路面層，以避免管湧現象發生。
- (4) 控制性低強度回填材料(CLSM)於施工時應符合 CNS 15862[測定控制性低強度材料施加荷重時機之落球試驗法]之規定，以量測裝置量測球體所留下的凹痕直徑，若凹痕直徑在 76 mm 以下，則 CLSM 已適合承受荷重，若凹痕直徑大於 76 mm，則 CLSM 不適合或尚未達到乘載荷重時機。

4.2 基地及路堤填築

4.2.1 準備工作

1. 本項工作包括填方區及路堤之鋪築與壓實，所用合格材料應取自開挖、借土區、渠道及構造物基礎挖方等。
2. 填築材料若使用焚化再生粒料，另需符合「垃圾焚化廠焚

化底渣再利用管理方式」公告之環境面品質要求。

3. 須符合施工綱要規範第 02331 章「基地及路堤填築」相關規定及設計圖說所示或工程司指示之整地線、坡度、高程及橫斷面辦理。
4. 填築滾壓之準備工作，於填築滾壓前需完成以下填方區所有清除及掘除作業，並需符合施工綱要規範第 02231 章「清除及掘除」之規定。
 - A. 如須移植樹木，在掘除前應依施工綱要規範第 02902 章「植物種植及移植」及第 02905 章「移植」之規定辦理。
 - B. 如有樹木花草保留區，在清除及掘除前，應設立臨時柵欄，當施工完成時將柵欄移除。
 - C. 若發現古蹟遺址時，應依據文化資產保存法相關規定辦理；或是清除及掘除動作將影響其他設施或造成建築物損壞時，亦應依據相關規定辦理。
 - D. 清除施工區原地面之雜草、農作物、殘枝、竹、木等。
 - E. 池塘、沼澤地、水田及爛泥地帶等之清除工作，應先將所有積水排乾後方可進行。
 - F. 施工範圍內既有排水及灌溉溝渠之淤積污泥及雜物，應依工程司之指示一併清除。
 - G. 清除工作應配合土石方作業局部分區施工，避免將地面清除後閒置過久而致表層土壤流失。
 - H. 掘除地面以下之樹根及埋沒之大樹等，以不影響施工及工程品質為原則。
 - I. 由於掘除作業所留之地窪地應以經工程司認可之材料回填，並按規定予以滾壓或夯實。

4.2.2 施工方法

1. 填方區及路堤斜坡應按設計圖說設定或工程司指示之填方線及坡度完成之。已完成之斜坡與規定坡面之許可差，若按垂直於設計坡面度量時，距路肩高程 1 m 以內者，其許可差不得大於 20 cm；距路肩高程 1 m 以上者，其許可差不得大於 40 cm。
2. 填築工作
 - A. 除設計圖說另有要求外，所有填方及路堤應分層填築，每層應與最後完成高程面約略平行。在填築期間應維持平順坡度以利排水。
 - (a) 填築層面或坡面遭受嚴重沖刷時，其恢復方法除另有規定或經工程司指示外，應儘速按填築滾壓施工要求，由下而上分層回填壓實，不得一次回填。
 - (b) 填方及路堤應依照工程司設定之坡度高程填築，完成後應與設計圖說所示之斷面一致，並應在完工後繼續維護，保持完好之斷面與高程，直至本工程驗收為止。
 - B. 土方填築
 - (a) 土方填築係指非以砂或石塊為主要材料所填築而成之填方區，此等材料應為採自認可之料源地點取得之合格材料。
 - (b) 填方及路堤應分層連續填築整個斷面，如用膠輪壓路機滾壓時，壓實前每層鬆方厚度不得超過 40 cm，如用其他認可之壓路機滾壓時，則每層鬆方厚度不得超過 50 cm。
 - (c) 除沼澤地區之填築厚度可依實際情況斟酌決定。

C. 石方填築

- (a) 石方填築係指以石塊為主要材料而構築之填方區及路堤，其成份應為粒徑 8 cm 以上石料與土壤或焚化再生粒料之混合物，篩分析停留在 15 cm 方孔篩上之粒料重量比應達 25 % 以上。
- (b) 除另有規定外，石堤應分層連續填築其整個斷面，每層填築厚度不得大於 75 cm。如工程司認為因石塊尺度而需要較大厚度且填築高度亦許可時，則可視情形增加每層厚度，但不得超過 1 m。
- (c) 每層填築應自填方區之一端開始，將岩石傾倒於前一層上面，然後用經認可之推土機將岩石向前推動，使較大石塊推置於每層填料之下層，而其間隙應以土壤或細料填充良好，以高性能振動壓路機滾壓，使無顯著沉陷。
- (d) 填方石料之最大粒徑尺度，不得大於每層厚度之 $2/3$ ；若經工程司之書面許可，填築厚度每層 1m 時，所用之石料最大粒徑亦不得大於 75cm。所有過大尺度之石塊而仍適用於填築者，應先行處理成所需尺度後，始可用於填築填方區或路堤。如承包商提出且經工程司同意，則此類大石塊亦可用於其他填築層較厚之下層地點，如此則所需軋碎工作可較少，此種安排使用大石塊所增加之裝運費用，將不予補償。挖出之石料除設計圖說計畫廢棄者外，須獲工程司書面同意後始可廢棄，如挖出之石料依上述步驟而必須廢棄時，承包商應自行負擔費用，以其他適當材料代替廢棄之石料。石堤填築應整平使無大石凸出現象，凸出大石應挖除，以免大石周圍壓實不足。

3. 填築工作之注意事項

A. 涵洞與橋梁鄰近地區之填築滾壓

- (a) 鄰近橋涵等構造物之填築滾壓，不得使用鏟刀、重型滾壓機具及高性能振動壓路機，若無法使用中型滾壓機具以壓實鄰接橋涵等構造物之填料時，須符合施工綱要規範第 02316 章「構造物開挖」與第 02317 章「構造物回填」之規定辦理。

- (b) 鄰近構造物任何部份之填築以及任何涵洞或類似構造物頂上二層之填築材料，應不含有任何最大粒徑在 10 cm 以上之礫石或石塊，且能使獲得充分之壓實。
- (c) 當填方與構造物交互存在，為避免構造物完成後填方產生較多沉陷，可採用預壓工法避免之。預壓土方範圍、高度及預壓期間應依設計圖說或工程司指示辦理。

B. 使構造物與填方同沉之方法

- (a) 此法用於箱涵及管涵等容許若干沉陷而無特殊處理基礎之構造物，在此情形之下，為減少構造物殘留沉陷起見，於欲建構造物之地點先行預填土方，擱置一段時間後，使產生預壓作用，以加速地基之沉陷及增加其承載力。
- (b) 此法係用於矮牆式橋台，於銜接部份在施工打樁基礎前，於其所在地點之基礎地基上事先按路堤填築施行預壓，以減少橋台及引道未來之沉陷。

C. 鄰接混凝土管填築滾壓時須符合施工綱要規範第 02610 章「排水管涵」之規定辦理。

4.2.3 滾壓

1. 必要時，每層在滾壓前應先予處理，使整層材料之含水量均勻並約略等於最佳含水量，使之能壓實至要求之壓實度。
2. 每層材料應使用經工程司認可之壓路機，如膠輪壓路機、網狀壓路機(Grid Roller)、三輪壓路機、振動壓路機、羊腳滾、搗實滾壓機或其他壓實機具予以均勻壓實。
3. 每層填方厚度應壓實至規定壓實度，經工程司核可後方可繼續鋪設下一層。
4. 路基頂面下 75 cm 以內者，每層壓實度應最大乾密度之

95%。

5. 路基頂面下 75 cm 以外者每層壓實度應最大乾密度之 90 %。
6. 路基頂面下 75 cm 以外之石堤以採用滾壓檢驗方式檢定其壓實效果。
7. 拖運機具應儘可能在每層填方區上全面均勻行駛。
8. 當填方區頂面與原地面之高差大於 2.5 m 以上，原地面雖適於作為填方或路堤基礎，但無法支持重型運輸機具之重量，則該填方之下層部份，可以車輛連續傾倒及鋪平形成一載重均勻分布層，其最大厚度為 1 m。
9. 當填築至距路基頂面設計高程下 1.5 m 處時，承包商應依工程司指示之預估殘餘沉陷量，予以加填材料。
10. 施工時，如發現基礎材料有位移、車輪痕跡及隆起等現象，則承包商應檢討原因，必要時可減少其車輛荷重及(或)改用較輕型之運輸與鋪平機具，使次一填築層施工時，不再發生上述隆起等現象，直至工程司滿意為止。

4.2.4 桃園市特殊工法

1. 桃園市之基地及路堤填築案例於施工時常使用耕耘機進行拌合，且會添加石灰以利於控制焚化再生粒料之最佳強度。



圖 4-1 拌合用耕耘機



圖 4-2 現地添加石灰情形

2. 設計方法將針對以下項目進行試驗：

- A. 土壤基本物理性質試驗（含水量試驗、阿太堡試驗、篩分析試驗及比重試驗）：目前焚化再生粒料改良對象以黏土為主，進行土壤基本物理性質試驗包括含水量試驗、比重試驗、篩分析試驗、阿太堡試驗，目的在於了解其土壤性質分類。
 - B. pH 值試驗：目的在於快速決定“LMO(Lime Modification Optimum, 最佳石灰用量)”作為焚化再生粒料配比設計的參考、比對，利用各配比（焚化再生粒料：土壤）進行 pH 值試驗，當 pH 值趨於平緩時即達到 LMO，可找出最佳石灰用量。
 - C. 小型哈佛試驗：不同於改良夯實試驗，小型哈佛試驗具有輕便及可一次掃略大量配比的優點，並將試體以 49℃、濕度 98% 以上環境下養治 48 小時後施作無圍壓縮試驗，找出強度較強之配比。
 - D. 改良夯實試驗：鎖定單一配比並模擬現地拌和，進行改良夯實試驗找出最佳含水量(OMC)及最大乾密度(γ_d)也可作為檢驗滾壓夯實度的依據。
3. 除了以強度為決定配比的依據外，也可利用混和後含水量作為配比設計參考。此方法主要目的在於找出原狀土與焚化再生粒料拌和後最接近原狀土最佳含水量之配比，找出需添加石灰或不須添加石灰所對應之配比，以石灰控制含水量提升工作效率。

4.3 道路級配粒料底層與基層

道路級配粒料添加焚化再生粒料後，施工方式並無不同，唯焚化再生粒料與天然粒料之拌和作業應於再利用機構或砂石場內進行或經目的事業主管機關核可後辦理。

4.3.1 路基或基層整理

- (1) 鋪築基層或底層前，路基全寬均應清除草木及其他雜物，並將所有清除物運棄，低窪處或車轍之積水應先予排除。
- (2) 在填方段路基頂面下 75 cm 以內之路基材料，應壓實至最大乾密度之 95 % 以上；在挖方段路基頂面下 30 cm，應壓實至最大乾密度之 95 % 以上。

4.3.2 撒鋪材料

- (1) 運達工地之合格材料分堆堆置於路基上，然後以機動平路機攤平。
- (2) 在撒鋪之前，如有需要可在路基上灑水，以得一適宜之濕度。
- (3) 撒鋪時，如發現粒料有不均勻或析離現象時，應以機動平路機拌和至前述現象消除為止。
- (4) 級配粒料應按規定之厚度分層均勻鋪設，每層厚度應約略相等，其最大厚度須視所用滾壓機械之能力而定，務須能達到所需之壓實度為原則。
- (5) 鋪設時，應避免損及其下面之路基、基層或已鋪設之前一層，並按所需之全寬度鋪設。
- (6) 發現有不合規定之顆粒及雜物時，均應隨時予以撿除。
- (7) 每層壓實厚度視滾壓機具之能量而異，每層最大壓實厚度以不超過 20 cm(通常鬆鋪厚度約為壓實厚度之 1.35 倍)為宜，但亦不得小於所用粒料標稱最大粒徑之 2 倍。

4.3.3 滾壓

- (1) 級配粒料撒鋪及整形完成後，應立即以 10 噸以上三輪壓路機或振動壓路機滾壓。
- (2) 滾壓時，如有需要，應以噴霧式灑水車酌量灑水，使級配粒料含有適當之含水量，以能壓實至所規定之密度。
- (3) 如級配粒料含水量過多時，應等其乾至適當程度後，始可滾壓。
- (4) 滾壓時應由路邊開始。如使用三輪壓路機時，除另有規定者外，開始時須將外後輪之一半壓在路肩上滾壓堅實，然後逐漸內移，滾壓方向應與路中心線平行，每次重疊後輪之一半，直至全部滾壓堅實，達到所規定之壓實度時為止。
- (5) 在曲線超高處，滾壓應由低側開始，逐漸移向高側。
- (6) 壓路機不能到達之處，應以夯土機或其他適當之機具夯實。
- (7) 滾壓後如有不平之處，應耙鬆後補充不足之材料，或移除多餘部分，然後滾壓平整。
- (8) 分層鋪築時，在每一層之撒鋪與壓實工作未經工程司檢驗合格之前，不得繼續鋪築其上層。
- (9) 鋪築上層級配粒料時，其下層表面應刮毛約 2 cm，以增加二層間之結合，並應具有適當之濕度，否則應酌量灑水使其濕潤。
- (10) 最後一層滾壓完成後，應以機動平路機刮平，或以人工修平，隨即再予滾壓。
- (11) 刮平及滾壓工作應相繼進行，直至所有表面均已平整堅實，並符合設計圖說所示之斷面為止。

(12)刮平及滾壓時，得視實際需要酌量灑水。

4.3.4 保護

(1) 已完成之底層應經常灑水以保持最佳含水量至面層施工為止，並在鋪築面層前檢測高程。

(2) 如於鋪設其他層面之前發現有任何損壞或其他不良情況時，應重新整平滾壓。

4.4 磚品

4.4.1 高壓混凝土磚

(1) 檢查

- A. 檢查待鋪設混凝土磚之基層表面是否夯實或對鋪面有不良影響之情況。
- B. 檢查尚未安裝之混凝土磚是否損壞。

(2) 準備工作

- A. 混凝土磚安裝面應予徹底清理，如未安裝之混凝土磚已破損，則應運離工地。
- B. 混凝土磚之鋪設應按工程司核可之施工圖施作。
- C. 工程介面之配合工作，應按契約相關規定辦理。

(3) 安裝

- A. 應儘可能使用整塊混凝土磚之單元代替切割單元。
- B. 混凝土磚墊層混凝土：210 kgf/cm²。

(4) 清理與保護

- A. 施作完成後，應立即清理鋪面表面。
- B. 已安裝完成之混凝土磚表面應保持清潔，且不得有龜裂、碎片、破損、或其他缺陷。

4.4.2 透水性混凝土地磚

(1) 準備工作

- A. 路基不論為挖方或填方施工，應達到設計圖上所示或工程司所指示之高程、坡度及壓實度。如無明確規定時，路基壓實度至少應達到依 CNS 方法試驗所得最大乾密度之 90 % 以上。
- B. 路基上方之級配粒料底層，依照第 02726 章「級配粒料底層」之規定辦理。
- C. 施工前應先測量放樣，並標示各部分高程及範圍，然後據以施工。
- D. 確認所有管線開孔及埋設物的位置。
- E. 清除透水地磚表面及施工面之污物、油脂及雜物。

(2) 施工方法

- A. 檢查級配粒料底層是否平整，不得有雜物或凹凸不平之現象。
- B. 設計圖如規定須鋪設土工非織物時，非織物鋪設於級配底層之上，接縫處搭接寬度須符合設計圖之規定。
- C. 於級配底層或非織物上鋪設襯墊砂層，厚度依契約圖施作。襯墊砂應為潔淨、乾燥之砂，不得含有其他土壤或雜質。襯墊砂整平後，不得於其上走動。
- D. 設置標線將每塊透水地磚位置預先定妥，由一端開始鋪設，磚縫寬度一致並不得大於 3 mm。
- E. 磚縫須力求平直，並應拉水準尼龍線或隨時用線錘及水平尺校正，鋪築地坪面發現不平直時，須拆除重做。
- F. 透水磚鋪設完成，在完成面上鋪設夾板，並於震動機上加墊橡膠墊後，以每秒二十次之震動頻率來回震動夯實，使鋪面緊密結實，再將細砂掃入磚縫即完成。
- G. 位於曲線部分或鋪面邊端無法以整塊透水地磚鋪築時，應以機具將透水地磚平整切割使用，不得以鐵鎚、油壓

剪或其他工具敲切。

- H. 臨接緣石之透水磚面與緣石頂面高程須吻合一致，不得高出或低於緣石頂。
- I. 新鋪地坪面與緣石、樹格柵、花台等街道附屬設施之界面、細部收頭等突出部份應加以保護。
- J. 鋪築時應與其他相關之機電工程配合，預留洞位或砌入套管。

(3) 檢測

施工前須就所用材料之品質、鋪設厚度、透水性等均須加以檢測與抽樣，其抽樣頻率如表 4-1，以求品質試驗結果符合 CNS 14995 之規定。

表 4-1 抽樣數與試樣數規定值(單位：個)

數量	抽樣數	各項檢驗試樣數				
		外觀	尺度	抗壓強度	透水係數	抗彎強度*
8,000 以下	6	6	3	3	3	3
8,001~100,000	12	12	6	6	6	6
超過 100,000	18	18	9	9	9	9

*僅適用於透水地磚之長度或寬度超過 280mm 者。

第五章 工程應用實例

5.1 控制性低強度回填材料

目前國內道路工程中有使用焚化再生粒料應用於控制性低強度回填材料(CLSM)之經驗，以下介紹國內工程實例若能符合行政院環境部公告之「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」，對於底渣去化，相當有幫助。

實例一：中壢區民族路六段 L 幹線雨水下水道工程

1. 主辦機關：桃園市政府水務局
2. 監造單位：弘澤工程技術顧問有限公司
3. 施工單位：上溢營造股份有限公司
4. 施工期間：N/A
5. 施工範圍：中壢區民族路六段
6. 工程金額：N/A
7. 摻配比例：焚化再生粒料之摻配比例為 27.7%，詳細摻配量如表 5-1 所示。

表 5-1 控制性低強度回填材料(CLSM)配比-1

水泥 kg	爐石 kg	細粒料 kg	焚化再 生粒料 kg	粗粒料 kg	用水量 L	化學 摻料 kg	單位重 kg/m ³
70	100	730	500	400	210	5	2015

8. 品質檢測試驗結果：控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告之檢測結果如表 5-2 所示。

表 5-2 控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告-1

試體 編號	試體標稱尺度 (cm)		材齡	最大荷重(kgf)	抗壓面積 (cm ²)	抗壓強度 (kgf/cm ²)
	直徑	高度				
1	15.04	30	28天	9341	176.71	52.9
2	15.02	30	28天	9455	176.71	53.5
3	15.03	30	28天	9955	176.71	56.3

9. 成本分析：N/A

實例二:桃園機場捷運 A20 站區區段徵收工程

1. 主辦機關：桃園市政府新建工程處
2. 監造單位：林同棧工程顧問股份有限公司
3. 施工單位：利德工程股份有限公司
4. 施工期間：N/A
5. 施工範圍：捷運 A20 站區
6. 工程金額：N/A
7. 摻配比例：焚化再生粒料摻配比例為 21.2%，詳細摻配量如表 5-3 所示。

表 5-3 控制性低強度回填材料(CLSM)配比-2

水泥 kg	爐石 kg	細粒料 kg	焚化再 生粒料 kg	粗粒料 kg	用水量 L	化學 摻料 kg
98	42	875	381	396	212	3

8. 品質檢測試驗結果：控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告之檢測結果如表 5-4 所示、坍流度試驗如圖 5-1 所示、落沉試驗如圖 5-2 所示。

表 5-4 控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告-2

試體編號	試體標稱尺度 (cm)		材齡	最大荷重(kgf)	抗壓面積 (cm ²)	抗壓強度 (kgf/cm ²)
	直徑	高度				
1	15.05	30	28天	9118.5	177.89	51.6
2	15.05	30	28天	8906.5	177.89	50.4
3	15.01	30	28天	9158.5	176.95	51.8
4	15.04	30	28天	10063.0	177.66	56.9
5	15.02	30	28天	8642.0	177.19	48.9
6	15.04	30	28天	9021.0	177.66	51.0
7	15.02	30	28天	8977.0	177.19	50.8
8	15.07	30	28天	8732.5	178.38	49.4
9	15.01	30	28天	9286.0	176.95	52.5



圖 5-1 坍流度試驗



圖 5-2 落沉試驗

9. 成本分析：N/A

實例三：台電桃園區營業處 110 年甲工區配電管路工程

1. 主辦機關：台電桃園區營業處
2. 監造單位：台電桃園區營業處
3. 施工單位：造隆電氣工程有限公司
4. 施工期間：N/A
5. 施工範圍：桃園市桃園區、蘆竹區、龜山區
6. 工程金額：N/A
7. 摻配比例：焚化再生粒料摻配比例為 28.8%，詳細摻配量如表 5-5 所示。

表 5-5 控制性低強度回填材料(CLSM)配比-3

水泥 kg	細粒料 kg	焚化再生粒料 kg	粗粒料 kg	用水量 L	化學摻料 kg	單位重 kg/m ³
150	680	500	395	210	10	1945

8. 品質檢測試驗結果：控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告之檢測結果如表 5-6 所示。

表 5-6 控制性低強度回填材料(CLSM)抗壓強度試驗報告-3

試體編號	試體標稱尺度 (cm)		材齡	最大荷重(kgf)	抗壓面積 (cm ²)	抗壓強度 (kgf/cm ²)
	直徑	高度				
1	15.02	30	28天	9081.0	177.19	51.4
2	15.05	30	28天	9509.5	177.89	53.8

9. 成本分析：N/A

5.2 基地及路堤填築

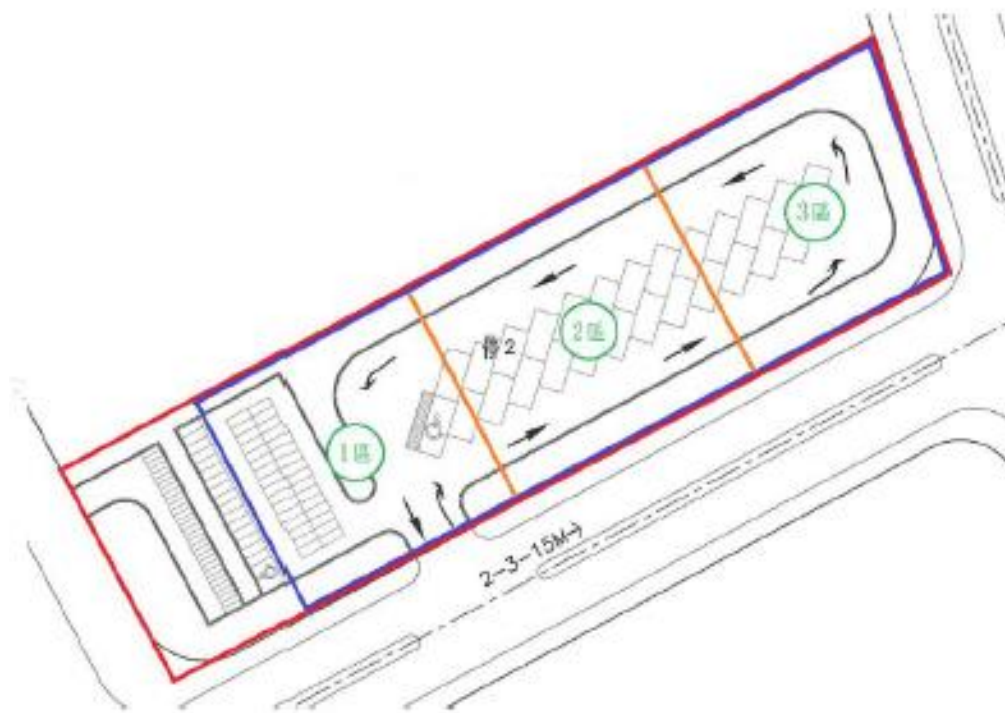
施工綱要規範第 02331 章「基地及路基填築」已有對材料的要求，焚化再生粒料不屬於第 02320 章「不適用材料」，因此可將焚化再生粒料使用於基地及路堤填築，於焚化再生粒料去化相當有幫助。

實例一：焚化再生粒料應用於基地填築試驗-A20 站

1. 主辦機關：桃園市政府新建工程處
2. 監造單位：林同棧工程顧問股份有限公司
3. 施工單位：利德工程股份有限公司
4. 施工期間：108 年 2 月 14 日開工預計至 111 年 7 月 9 日
5. 施工範圍：本示範計畫位於第二停車場，本計畫總面積為 2000 m²（長 80m×寬 25m）。施工範圍圖如圖 5-3 及圖 5-4 所示。



圖 5-3 A20 全案位置圖



註：紅色為原定範圍，藍色為此次試辦工程施工範圍

圖 5-4 試辦範圍示意圖

6. 工程金額：本案例之工程金額共 12 億 2,142 元。
7. 摻配比例：共拌和土實方 600m^3 (約 1140 噸)、焚化再生粒料 710.83 m^3 (約 1179.97 噸)，外加石灰 18.75 m^3 ，總拌和量為 1329.58 m^3 ，以濕重比計算拌和比例約 1：1.03。
8. 品質檢測試驗結果：本案例焚化再生粒料毒性溶出試驗重金屬檢測報告如表 5-7 所示、戴奧辛檢測報告如表 5-8 所示。由桃園市政府新建工程處所公布之水質監測平面圖，如圖 5-5。水質監測相關標準引用自行政院環境部全國環境水質監測資訊網所公布之地下水污染監測標準，檢測標準如表 5-9。此水質檢測數據節錄自桃園市環境保護局水質檢測報告，如表 5-10、表 5-11。

表 5-7 焚化再生粒料毒性溶出試驗重金屬檢測結果對照表

項目	單位	檢測結果	備註
萃出液中總硒	mg/L	ND	MDL=0.062
萃出液中總鋇	mg/L	1.10	MDL=0.067
萃出液中總鎘	mg/L	0.087	MDL=0.008
萃出液中總鉛	mg/L	ND	MDL=0.155
萃出液中總銅	mg/L	5.23	MDL=0.017
萃出液中總鉻	mg/L	ND	MDL=0.018
萃出液中六價鉻	mg/L	ND	MDL=0.010
萃出液中總砷	mg/L	ND	MDL=0.0004
萃出液中總汞	mg/L	ND	MDL=0.00002

表 5-8 焚化再生粒料毒性溶出試驗戴奧辛檢測結果對照表

檢驗項目	單位	檢測結果	備註
戴奧辛及呋喃總毒性當量	ng I-TEQ/g	0.008	MinDL=0.0004
2,3,7,8-TeCDF	ng/g	0.003	
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/g	0.003	
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/g	0.006	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/g	0.006	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/g	0.006	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/g	0.008	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/g	0.002	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/g	0.035	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/g	0.004	
OCDF	ng/g	0.026	
2,3,7,8-TeCDD	ng/g	0.0005	
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/g	0.0009	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/g	0.0009	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/g	0.002	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/g	0.002	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/g	0.020	
OCDD	ng/g	0.058	

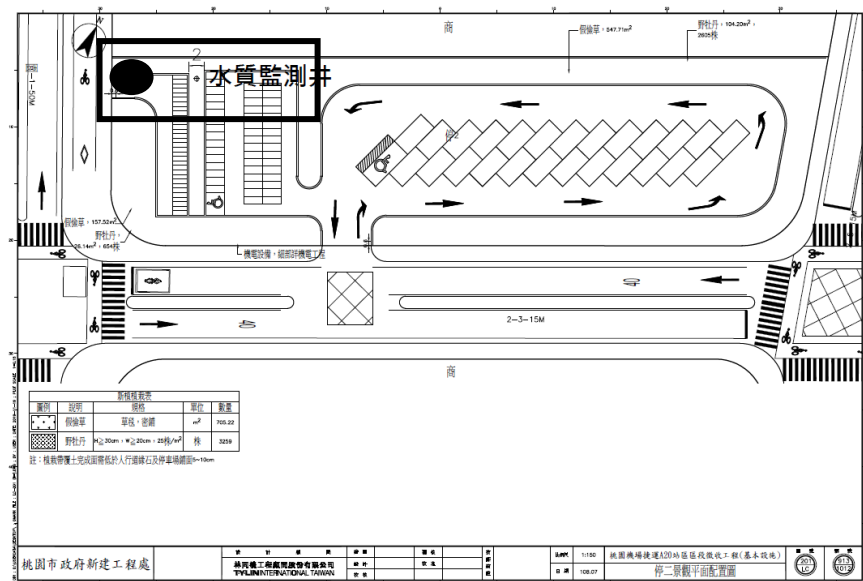


圖 5-5 水質監測平面圖

表 5-9 地下水質監測標準

重金屬汙染（單位：mg/L）	
砷（As）	0.25
鎘（Cd）	0.025
鉻（Cr）	0.25
銅（Cu）	5
鉛（Pb）	0.05
鎳（Ni）	0.5
鋅（Zn）	25
鐵（Fe）	1.5
錳（Mn）	0.25
汞（Hg）	0.01
一般項目（單位：mg/L）	
總硬度（以 CaCO ₃ 計）	750
總溶解固體物	1250
氯鹽	625
氨氮	0.25
硝酸鹽氮（以氮計）	50
硫酸鹽（以 SO ₄ ²⁻ 計）	625
總有機碳	10
總酚(phenols)	0.14

表 5-10 水質檢測數據-1

檢驗項目	檢驗值	單位	檢驗方法	標準	備註
總硬度(Hardness)	462	mg/L	NIEA W208.51A	750	
總溶解固體(TDS)	818	mg/L	NIEA W210.58A	1250	
氯鹽	129	mg/L	NIEA W407.51C	625	
氨氮	0.03	mg/L	NIEA W437.52C	0.25	<0.10
硝酸鹽氮	0.01	mg/L	NIEA W436.52C	50	MDL=0.008
硫酸鹽	213	mg/L	NIEA W430.51C	625	
總有機碳(TOC)	2.1	mg/L	NIEA W532.52C	10	
砷(As)	0.0024	mg/L	NIEA W434.54B	0.25	
鎘(Cd)	ND	mg/L	NIEA W311.54C	0.025	MDL=0.0003
總鉻(Cr)	0.002	mg/L	NIEA W311.54C	0.25	<0.004
銅(Cu)	0.003	mg/L	NIEA W311.54C	5	
鉛(Pb)	ND	mg/L	NIEA W311.54C	0.05	MDL=0.0027

表 5-11 水質檢測數據-2

檢驗項目	檢驗值	單位	檢驗方法	標準	備註
鋅(Zn)	0.026	mg/L	NIEA W311.54C	25	
鐵(Fe)	0.278	mg/L	NIEA W311.54C	1.5	
錳(Mn)	0.929	mg/L	NIEA W311.54C	0.25	
鎳(Ni)	0.006	mg/L	NIEA W311.54C	0.5	

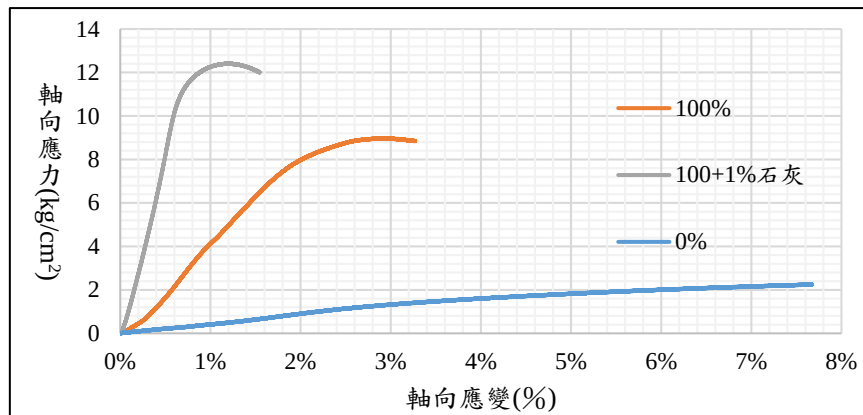
9. 成本分析：如不使用焚化再生粒料原工程成本為 1,088,000 元，而使用焚化再生粒料後工程成本減為 627,058 元，故本案例使用焚化再生粒料大約可節約成本 42 %。

10. 成效分析：

機場捷運 A20 案並非道路工程，故強度需求略低，僅以無圍壓縮試驗及加州承載比試驗進行追蹤評估。

(1) 無圍壓縮試驗 (ASTM D2166-16) (CNS 12384-A3282)

將改良夯實試體以速度 0.5~2.0%/min 進行無圍壓縮試驗，試驗結果如圖 5-6 所示，由結果顯示，拌和比例 100%並添加 1 %石灰之無圍壓縮強度比原狀土上升 6 倍，具有最顯著的效果。



資料來源：桃園市政府工務局焚化再生粒料應用於基地填築試驗及輔導工程委託專業服務-期末報告

圖 5-6 無圍壓縮試驗結果

(2) 加州承載比試驗 (CBR)

以氣乾土打碎並過 4 號篩後以濕重比(焚化再生粒料:土) 0%、100%及 100%+1%石灰進行試驗，試驗時採用以改良夯實試驗所求得之最佳含水量，以改良夯實試驗之落距與錘重分五層夯實每層夯打 56 下，並將試體泡水 4 天後進行貫入試驗求得貫入深度 2.54mm 之貫入應力，並與標準應力相除求得 CBR 值，其結果如表 5-12。結果如表 5-12，其顯示原狀土以 100% 比例拌和（焚化再生粒料：原土）CBR 值立即有顯著成效上升約 4 倍，添加 1%石灰後具有更好的改良效果。

表 5-12 CBR 試驗結果

試驗比例	0% 原狀土	100% (未養治)	100%+1%石灰 (未養治)
貫入應力 (kg/cm ²)	2.22	9.91	13.10
標準貫入應力 (kg/cm ²)	70.3	70.3	70.3
CBR 值 (%)	3.16	14.10	18.63

資料來源：桃園市政府工務局焚化再生粒料應用於基地填築試驗及輔導工程委託專業服務-期末報告

實例二：觀音區忠富路（桃 85 號）彎道改善工程

1. 主辦機關：桃園市政府新建工程處
2. 監造單位：世合工程技術顧問股份有限公司
3. 施工單位：鼎峰營造有限公司
4. 施工期間：本案例於 107 年 9 月 17 日開工，並於 109 年 5 月 22 日完工。
5. 施工範圍：起點為桃 85 忠富路崙坪段與忠愛路愛一巷路口，終點止於中壢區中正路四段 741 巷口，長度約 202 公尺，寬為 12 公尺，設置雙向各 1 車道。施工範圍圖如圖 5-7 所示。



圖 5-7 忠富路（桃 85 號）彎道改善工程工區範圍平面圖

6. 工程金額：本案例之工程金額共 3,175 萬元。
7. 摻配比例：施工斷面圖如下圖 5-8 所示，各斷面之摻配比例如圖下之內文說明。

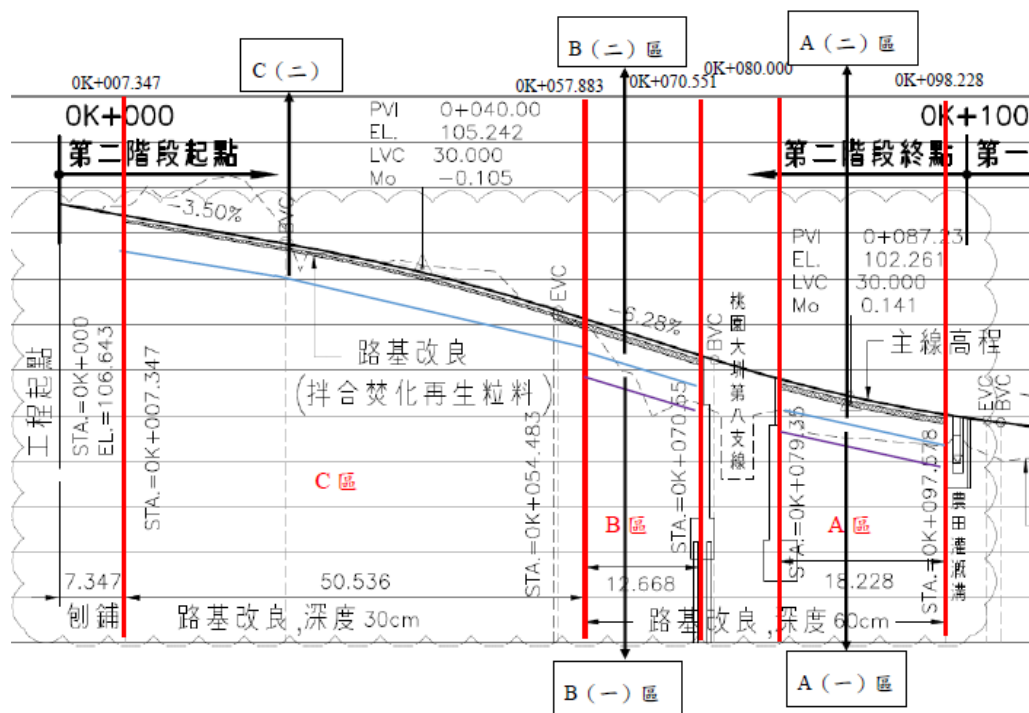


圖 5-8 施工斷面圖

(1) B (一) 區拌和量

此區面積為 160.67m^2 ，原狀土鋪築厚度為鬆方 19cm ，原狀土實方體積為 22.94m^3 （以濕單位重 1.893T/m^3 換算重量為 43.43T ），與 2 台焚化再生粒料車總計 57.64T 焚化再生粒料進行拌和，焚化再生粒料與原狀土濕重比約為 $1.3:1$ 。並實際使用兩包生石灰粒共 2.5T （石灰比例濕重比 2.5% ）。

(2) A (一) 區拌和量

此區面積為 182.28m^2 ，由 B 區利用傾卸貨車運送 7 車（一車體積 6m^3 ）共鬆方 42m^3 至拌和區內，原狀土實方體積約 31.58m^3 （以濕單位重 1.893T/m^3 換算重量為 59.81T ）現地挖出之過濕土方與 2 台焚化再生粒料車總計 56.52T 進行拌和，焚化再生粒料與原狀土濕重比約為 $0.95:1$ ，並實際使用 2 包 1.25T 生石灰粒共 2.5T （石灰比例濕重比 2.1% ）。

(3) A (二) 區拌和量

此區鋪築面積 182.28m^2 ，原狀土鋪築厚度為鬆方 19cm ，原狀土體積為 26.03m^3 （實方，以濕單位重 $1.897\text{T}/\text{m}^3$ 換算重量為 49.39T ），與 1 台料車 27.65T 加上 2 台傾卸貨車（一車體積 6m^3 共 12m^3 ，以濕單位重 $1.66\text{T}/\text{m}^3$ 換算重量為 19.92T ）共 47.57T 焚化再生粒料進行拌和，焚化再生粒料與原狀土濕重比約為 $0.96:1$ ，並使用 1 包生石灰粒共 1.25T （石灰比例濕重比 1.3% ）。

(4) B (二) 與 C (二) 區拌和量

兩區域鋪築面積為 657.34m^2 ，原狀土鋪築厚度為鬆方 19cm ，原狀土體積 93.87m^3 （實方，以濕單位重 $1.897\text{T}/\text{m}^3$ 換算重量為 178.07T ），與 7 台焚化再生粒料車總計 196.81T 焚化再生粒料進行拌和，焚化再生粒料與原狀土濕重比約為 $1.1:1$ ，並使用 2 包 1.25T 生石灰粒共 2.5T （石灰比例濕重比 0.67% ）。

8. 品質檢測試驗結果：CBR 試驗結果如表 5-13 所示。

表 5-13 CBR 試驗結果

試驗比例	0% 原狀土	100% (養治 3 天)	120%石灰 (養治 3 天)
貫入應力 (kg/cm^2)	2.87	27.3	30.12
標準貫入應力 (kg/cm^2)	70.3	70.3	70.3
CBR 值 (%)	4.08	38.45	42.85

資料來源：桃園市政府工務局應用焚化再生粒料於道路路床改善試驗及輔導工程委託專業服務-期末報告

9. 成本分析：如不使用焚化再生粒料原工程成本為 $619,329$ 元，而使用焚化再生粒料後工程成本減為 $408,000$ 元，故本案例使用焚化再生粒料大約可節約成本 34% 。

5.3 道路級配粒料底層與基層

目前國內道路工程中具有使用焚化再生粒料作為級配粒料應用於道路基底層之經驗，以下介紹國內工程實例，以說明焚化再生粒料環境監測成果及工程使用成效。

實例：萬里產業道路焚化爐焚化再生粒料試鋪道路

1. 主辦機關：新北市環境保護局。
2. 監造單位：新北市環境保護局。
3. 施工單位：新北市環境保護局。
4. 施工期間：N/A
5. 施工範圍：試鋪路線長 200 公尺，寬 6 公尺，每個斷面鋪設長度為 50 公尺。
6. 工程金額：N/A
7. 摻配比例：焚化再生粒料添加比例分別於面層為 10 %、20 %，瀝青處理底層為 15 %，級配粒料底層為 20 %、級配粒料基層為 80 %及 100 %。
8. 品質檢測試驗結果：鋪設斷面圖如圖 5-9、5-10 所示，各斷面之 CBR 試驗結果如表 5-14 所示。

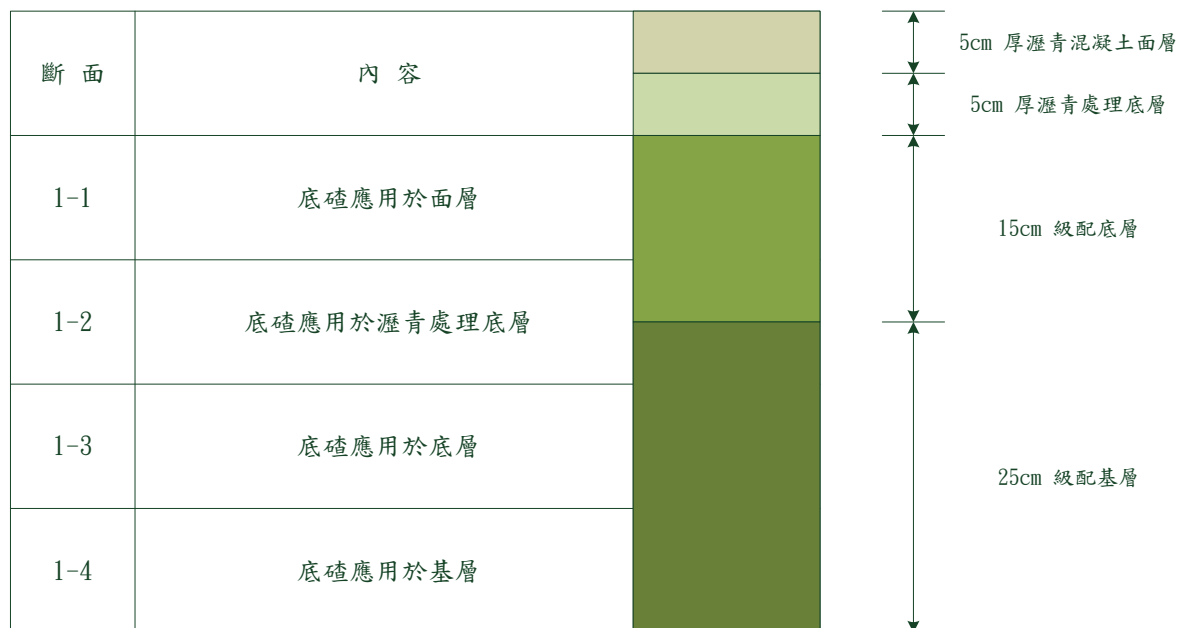


圖 5-9 試鋪道路斷面圖-1

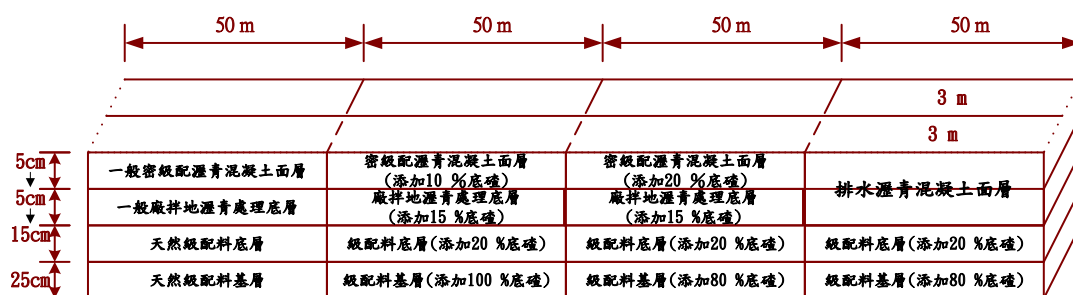


圖 5-10 試鋪道路斷面圖-2

表 5-14 各斷面 CBR 值

編號	CBR 值	
	基層(%)	底層(%)
1	47	82
2	52	85
3	44	80
4	46	86
5	51	76
6	48	86

9. 成本分析：N/A

10. 成效分析：

(1) 瀝青路面表面狀況



圖 5-11 萬里道路現況

(2) 國際糙度指標 (International Roughness Index) 檢測

國際糙度指標 (IRI) 具有客觀顯示路面狀況，不受人為因素干擾的優點，可廣泛使用於不同類型路面平坦儀的平坦度指標，輔以軟體程式進行 IRI 值的計算，其測定結果以 m/km 表示，且美國材料標準試驗協會 (ASTM) 亦將其納入規範，因此其平坦度評估指標更具效率、實用與公正性，是一項標準化的平坦度指標。

表 5-15 各等級道路平坦度 IRI 指標範圍

道路分類	IRI 指標(m/km)
高快速公路	0.25 ~ 1.75
新鋪面	1.25 ~ 3.50
舊鋪面	2.25 ~ 5.75
碎石鋪面	3.25 ~ 10.00
損壞鋪面	4.00 ~ 11.00
粗糙碎石鋪面	> 7.75

表 5-16 萬里道路 IRI 檢測值

里程	IRI(m/km)	經度	緯度
000k_000-000k_100	4.40	25.20472	121.652
000k_100-000k_200	4.34	25.20404	121.653

本路段應用 IRI 檢測車實地檢測萬里道路鋪築完成後長期平坦度之成效，經檢測其 IRI 值平均為 4.37m/km，依據營建署市區道路管理維護與技術規範手冊所定義舊鋪面道路 IRI 指標範圍 2.25~5.75m/km 之間，本路段檢測出 IRI 值落於上述指標範圍。

(3) 鋪面現況指標(Pavement Condition Index)檢測

鋪面現況指標 PCI 為依據鋪面現況量測及觀察鋪面破壞之結果評估鋪面整體狀況的數值指標，主要調查路段的鋪面結構完整性及面層行車狀況，僅提供客觀及合理的基礎，用以作為鋪面養護需求及優先順序之決策依據。

表 5-17 美軍工兵團 PCI 與路面養護關係

PCI	檢定值 (Rating)	養護(Maintenance)／修補 (Repair Stragety)
100	優良	例行養護／修補
85	良好	
70	好	例行養護／修補，或主要修補，或全面 翻修
55	尚可	
40	不良	主要修補，或全面翻修
25	非常不良	全面翻修
10	衰退	
0		

表 5-18 萬里道路 PCI 檢測值

里程	破壞類型	破壞等級	破壞程度	PCI
000K+000~000K+100	3:塊狀裂縫	1:輕微	0.954068	61
	3:塊狀裂縫	1:輕微	0.814939	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	1.060686	
	19:剝脫	1:輕微	2.183194	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.351269	
	4:邊緣裂縫	1:輕微	1.924594	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.663112	
	3:塊狀裂縫	1:輕微	1.229191	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	1.1416	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.653343	
	3:塊狀裂縫	1:輕微	0.603613	
	19:剝脫	1:輕微	1.326667	
	12:粒料光滑	1:輕微	1.386963	
	12:粒料光滑	1:輕微	0.759598	
	12:粒料光滑	1:輕微	1.221306	
	12:粒料光滑	1:輕微	1.862157	
	19:剝脫	1:輕微	1.287186	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.318645	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	1.943397	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.296705	

	3:塊狀裂縫	1:輕微	0.65893	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	1.362321	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	1.207316	
	12:粒料光滑	1:輕微	3.740973	
	12:粒料光滑	1:輕微	1.997515	
里程	破壞類型	破壞等級	破壞程度	PCI
000K+100~000K+200	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	3.269738	52
	3:塊狀裂縫	1:輕微	2.736608	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	3.498066	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.531381	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.469838	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.081014	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.03149	
	12:粒料光滑	1:輕微	5.034599	
	11:補錠	1:輕微	4.875235	
	11:補錠	1:輕微	5.684885	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	3.299466	
	12:粒料光滑	1:輕微	3.228363	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.202897	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	2.671047	
	10:縱向裂縫	1:輕微	2.241993	
	1:鱗魚狀裂縫	1:輕微	1.877984	
	4:邊緣裂縫	1:輕微	0.046068	
	4:邊緣裂縫	1:輕微	2.205939	

本路段經過 PCI 評估萬里道路鋪築完成後長期鋪面結構完整性，經評估 PCI 值分別為 61 及 52，依據美軍工兵團 PCI 與路面養護關係所定義。

5.4 磚品

目前國內道路工程中有使用焚化再生粒料應用於混凝土地磚之經驗，以下介紹本市工程實例。



圖 5-12 校前路前瞻道路改善工程



圖 5-13 銀河水岸亮點工程

實例一：桃園市楊梅區校前路前瞻道路改善工程

1. 主辦機關：由桃園市政府養護工程處主辦。
2. 監造單位：和建工程顧問股份有限公司
3. 施工單位：傑瀚營造有限公司
4. 施工期間：本案例於 107 年 11 月 6 日開工，並於 108 年 7 月 15 日完工。
5. 施工範圍：施工範圍為桃園市楊梅區校前路，路段總長 1,520 m(雙向 760 m 道路)。
6. 工程金額：本案例總工程金額為 5,455 萬元。
7. 摻配比例：本案例之配比如表 5-19 所示。

表 5-19 校前路摻配比例

工程項次	焚化再生粒料摻配比例
桃園市楊梅區校前路	
透水性混凝土地磚	10%

8. 品質檢測試驗結果：抗壓強度為 28 天 $40 \sim 80 \text{ kgf/cm}^2$ ，滲透係數為 0.01 cm/sec 以上。
9. 成本分析：依不同規格，按完工後經驗收合格之壓實數量，以[立方公尺][平方公尺，註明厚度]計算。以下所闡述之成本比較差異係依地緣關係及北部地區價格為基準，所提供之試算法僅包含材料成本，其餘固定成本或棄運土之成本不在此討論中，詳細成本計算應就各工程實際情形加以計算，分析方式僅供參考。基本價格整理如下表 5-20。參照下表之數據經計算後大約可節省 3-5 % 成本。

表 5-20 焚化再生粒料成本參照表-1

項次	項目		天然碎配(100%)			焚化再生粒料 10%		
	項目	單位	數量	單價	複價	數量	單價	複價
1	添加天然粒料	m ³	1	720	720	0.9	720	648
	運費(至 AC 廠)	m ³	1	270	270	0.9	270	243
2	焚化底渣	m ³	-	-	-	0.1	0	0
	運費(至 AC 廠)	m ³	-	-	-	0.1	0	0
	打除雜物剔除過篩	m ³	-	-	-	0.1	180	18
3	添加水泥	m ³	150	3	450	150	3	450
4	拌和費用	m ³	1	236	236	1	236	236
5	運費(至工地)	m ³	1	354	354	1	354	354
材料單價(元/m ³)			2030			1949		

實例二:桃園閃耀雙城飛翔-中壢銀河水岸亮點工程

1. 主辦機關：由桃園市政府養護工程處主辦。
2. 監造單位：仝葉工程顧問有限公司
3. 施工單位：建揚營造工程有限公司

4. 施工期間：本案例於 108 年 04 月 25 日開工，並於 109 年 09 月 20 日完工。
5. 施工範圍：施工範圍為慈惠三街、六合路、新生路、中美路，施工數量如表 5-15 所示。
6. 工程金額：大約 2 億 1,000 萬元。
7. 摻配比例：各施工範圍之摻配比例如表 5-21 所示。

表 5-21 中壢銀河水岸亮點工程之混凝土磚使用量及摻配比例

工程項次		單位	數量
A	慈惠三街等 5 條路		
	高壓混凝土磚，含焚化再生粒料 30%	M ²	210
B	六合路		
	透水性混凝土磚，含焚化再生粒料 10%	M ²	420
	高壓混凝土磚，含焚化再生粒料 30%	M ²	2,130
C	新生路		
	高壓混凝土磚，含焚化再生粒料 30%	M ²	850
D	中美路		
	透水性混凝土磚，含焚化再生粒料 10%	M ²	650
	高壓混凝土磚，含焚化再生粒料 30%	M ²	796

8. 品質檢測試驗結果：各項結果如表 5-22 及表 5-23 所示。

表 5-22 中壢銀河水岸亮點工程透水性混凝土磚試驗報告

檢測項目	單位	檢驗值	試驗方法
抗壓強度	MPa	60.1	CNS 13295
透水係數	cm/s	1.01×10^{-1}	CNS 14995

表 5-23 中壢銀河水岸亮點工程焚化再生粒料樣品檢測報告

檢測項目	檢驗值	檢驗方法	單位	備註
氫離子濃度指數	12.10	NIEA R208.04C	--	
萃出液中六價鉻	ND	NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.0070
萃出液中總汞	ND	NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.000077
萃出液中總砷	ND	NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.036
萃出液中總銅	5.55	NIEA R201.15C	mg/L	
萃出液中總鉻	ND	NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.038
萃出液中總鎘	0.123	NIEA R201.15C	mg/L	
萃出液中總鉛	<0.100	NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.036
萃出液中總硒	ND	NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.039
萃出液中總鋇	0.485	NIEA R201.15C	mg/L	
戴奧辛及呋喃	0.010	NIEA M801.13B	ng I-TE/g	

9. 成本分析：依不同規格，按完工後經驗收合格之壓實數量，以[立方公尺][平方公尺，註明厚度]計算。以下所闡述之成本比較差異係依地緣關係及北部地區價格為基準，所提供之試算法僅包含材料成本，其餘固定成本或棄運土之成本不在此討論中，詳細成本計算應就各工程實際情形加以計算，分析方式僅供參考。基本價格整理如下表 5-24。參照下表之數據經計算後大約可節省 10-15 % 成本。

表 5-24 焚化再生粒料成本參照表-2

項次	項目		天然碎配(100%)			BA30(焚化底渣 30%)		
	項目	單位	數量	單價	複價	數量	單價	複價
1	添加天然粒料	m ³	1	720	720	0.7	720	504
	運費(至 AC 廠)	m ³	1	270	270	0.7	270	189
2	焚化底渣	m ³	-	-	-	0.3	0	0
	運費(至 AC 廠)	m ³	-	-	-	0.3	0	0
	打除雜物剔除過篩	m ³	-	-	-	0.3	180	54
3	添加水泥	m ³	150	3	450	160	3	480
4	拌和費用	m ³	1	236	236	1	236	236
5	運費(至工地)	m ³	1	354	354	1	354	354
材料單價(元/m ³)			2030			1817		

5.5 構造物回填

實例：桃園區福元公園新建工程

1. 主辦機關：桃園區公所
2. 監造單位：鉅揚工程顧問股份有限公司
3. 施工單位：建揚營造工程有限公司
4. 施工期間：本案例於 106 年 7 月開工，並於 108 年 6 月完工。
5. 施工範圍：本案例之施工範圍為第四公墓用地，本工程構造物開挖量約 4,400 m³，構造物回填量約 2,700 m³，營建剩餘土石方處理量約 1,700 m³。其中停車場填方約 700~800 m³，公園區填方約 1800 m³。全區設施平面配置圖如圖 5-14 所示。

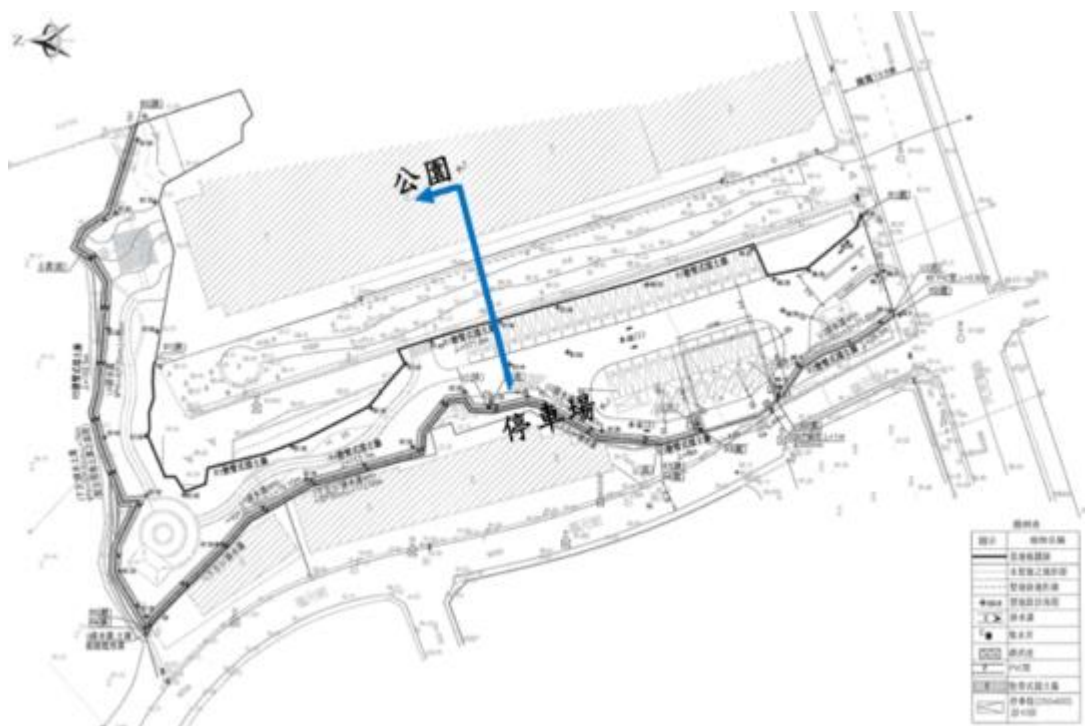


圖 5-14 福元公園平面圖

6. 工程金額：總工程費用 3,258 萬元。
7. 摻配比例：本案例之焚化再生粒料摻配比例為 50%。
8. 品質檢測試驗結果：水質檢測試驗結果如表 5-25 所示。

表 5-25 水質檢測結果

檢測項目	檢測值	檢測方法
pH 值	7.6	現場檢測
水溫	24.6°C	現場檢測
砷	<0.0020(0.00064) mg/L	NIEA W434.54B
鎘	ND<0.001 mg/L	NIEA W311.54C
總鉻	<0.020(0.0084) mg/L	NIEA W311.54C
銅	<0.020(0.0192) mg/L	NIEA W311.54C
鐵	0.087 mg/L	NIEA W311.54C
錳	<0.020(0.0064) mg/L	NIEA W311.54C
鎳	ND<0.004 mg/L	NIEA W311.54C
鉛	ND<0.003 mg/L	NIEA W311.54C
鋅	<0.020(0.0193) mg/L	NIEA W311.54C

資料來源：桃園市政府工務局應焚化再生粒料應用於土石方穩定試辦工程委託專業服務-期末報告

9. 成本分析：依不同規格，按完工後經驗收合格之壓實數量，以[立方公尺][平方公尺，註明厚度]計算。以下所闡述之成本比較差異係依地緣關係及北部地區價格為基準，所提供之試算法僅包含材料成本，其餘固定成本或棄運土之成本不在此討論中，詳細成本計算應就各工程實際情形加以計算，分析方式僅供參考。基本價格整理如下表 5-26。參照下表之數據經計算後大約可節省 20 % 至 30 % 之工程成本。

表 5-26 焚化再生粒料成本參照表-3

項次	項目		天然碎配(100%)			焚化再生粒料 50%		
	項目	單位	數量	單價	複價	數量	單價	複價
1	添加天然粒料	m ³	1	720	720	0.5	720	360
	運費(至 AC 廠)	m ³	1	270	270	0.5	270	135
2	焚化底渣	m ³	-	-	-	0.5	0	0
	運費(至 AC 廠)	m ³	-	-	-	0.5	0	0
	打除雜物剔除過篩	m ³	-	-	-	0.5	180	90
3	添加水泥	m ³	150	3	450	170	3	510
4	拌和費用	m ³	1	236	236	1	236	236
5	運費(至工地)	m ³	1	354	354	1	354	354
材料單價(元/m ³)			2030			1631		

參考文獻

- [1] 桃園，以人為本的城市轉型，桃園市政府工務局。
- [2] 進擊桃園，桃園市政府工務局。
- [3] 廖明村、朱祐弘、周劍平、馮金源、羅佩瑜、鄭敬融，「推動焚化灰渣再利用專案計畫」，行政院環境部，專案研究報告(EPA-H103-02-251)，2015。
- [4] 江康鈺、施承享，「利用水洗處理程序提昇焚化底渣熟化反應效果之評估研究」，逢甲大學，碩士論文，2008。
- [5] 林志棟、杜建蒼，「焚化底渣處理技術與處理廠營運管理之研究」，國立中央大學，碩士論文，2014。
- [6] 林志棟、雷揚中，「焚化爐底渣應用於道路工程之研究」，國立中央大學，碩士論文，2004。
- [7] 陳昭旭、柯明賢、王聖堯，「焚化底渣濕篩污泥再利用作為控制性低強度材料之研究」，國立成功大學，碩士論文，2010。
- [8] 劉英偉、盧俊愷、陳世鐘，「高高屏垃圾焚化爐底渣於工程應用之可行性探討」，國立屏東科技大學，碩士論文，2007。
- [9] 李公哲、吳淵洵、邱垂德、黃錦明、陳明義、黃政昭、蘇育立，「廢棄物焚化灰渣材料化技術研究(第二年)」，行政院環境部，專案研究報告(EPA-93-U1H1-02-101)，2004。
- [10] 廖明村、朱祐弘、周劍平、馮金源、羅佩瑜，「102 年推動焚化底渣再利用計畫」，行政院環境部，專案研究報告(EPA-102-H101-02-151)，2014。
- [11] 葉桂君、許峻誠，「焚化底渣水洗廢水特性及處理功能之探討」，國立屏東科技大學，碩士論文，2011。
- [12] 行政院環境部，「垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」，環保法規，2020 年 5 月 18 日。
- [13] 桃園市政府工務局施工規範，第 02722 章「級配粒料基層」V2。
- [14] 桃園市政府工務局施工規範，第 02726 章「級配粒料底層」V2。
- [15] 桃園市政府工務局施工規範，第 03377 章「控制性低強度回填

材料」V1。

- [16] 桃園市政府工務局施工規範，第 02331 章「基地及路堤填築」V1。
- [17] 行政院公共工程委員會施工綱要規範，第 02786 章「高壓混凝土地磚」V4。
- [18] 行政院公共工程委員會施工綱要規範，第 03341 章「低密度再生透水混凝土」V1。
- [19] 桃園市政府循環經濟平台。

焚化再生粒料使用手冊

出版單位 桃園市政府工務局

總編輯 賴局長宇亭

召集人 陳區長聖義

副召集人 呂總工程司紹霖

審查委員 楊副教授士賢、石簡任視察秉鑫、呂簡任技正明錡、許
總工程司維庭、黃總工程司全成、何總工程司順華

編輯小組 國立中央大學 何旻哲 專案助理教授
社團法人中華鋪面工程學會

策劃執行 桃園市政府工務局

地址 桃園市桃園區縣府路 1 號 7 樓工務局

電話 03-3322101

日期 2022 年 6 月

ISBN 978-626-7159-17-0(平裝)

GPN 1011100812

本書僅作桃園市政府工務局同仁自修使用

部分照片取自簡報

如有侵權，請告知刪除

售價：新台幣零元