



# 桃園市 循環經濟 再利用整合策略探討

黃治峯 / 國立中央大學土木工程學系 博士生

林志棟 / 國立中央大學土木工程學系 榮譽教授

凌宇康 / 皓勝工業股份有限公司 總經理

何旻哲 / 國立廣島大學社會基盤環境工學構造材料工學研究科 博士生

配合國家發展計畫六大施政主軸—產業升級及創新經濟，桃園市自 106 年 8 月籌組結合產（再利用機構、瀝青廠、工程顧問公司）、官、學各界專家學者計畫團隊，運用被棄置的資源，透過新工法的轉換成為可用資材，共同完成瀝青廠設備驗廠、鋼質粒料（氧化矽）及瀝青混凝土刨除粒料工程試辦作業，桃園市至少有 3 家瀝青廠取得環境保護局固定污染源操作許可，可全力配合循環經濟推動。

以桃園市政府轄管之道路長度 3,283 公里，面積約 4,148.3 萬平方公尺（公路 2,076.1 萬、市區道路 2,072.2 萬），將長久以來難以處理之廢棄粒料（氧化矽、道路刨除料、焚化底渣等），以建立適當規範，拌合於瀝青混凝土以及控制性低強度回填材料（CLSM）中，用以鋪築於轄管道路之路基、道路面層，或是緊急之道路坑洞修補、管溝挖掘回填，將可有效去化廢棄粒料，點石成金，讓廢棄物等資源再生，逐步將運用於公共工程，達成國家發展兼顧循環經濟之政策目標。

桃園市已去化鋼質粒料（氧化矽）數量逾萬噸、瀝青混凝土刨除粒料約 1,600 噸及焚化再生粒料 26,000 噸。為使全國皆能去化氧化矽、瀝青混凝土刨除粒料及焚化再生粒料，桃園市政府修訂施工綱要規範，並提案至行政院公共工程委員會審查，已於 107 年 10 月及 11 月審查通過；舉辦全國論壇，邀請再生粒料各主管機關、推動機關、各地方縣市政府及相關產業界、學者共同交流；行政院環保署於農委會桃園農改場舉辦「再生粒料參訪暨茶會論壇」指定桃園市為觀摩案例，邀請行政院環境保護署李應元前署長、桃園市鄭文燦市長及行政院公共工程委員會顏久榮副主任委員共同開幕；今年入選 2019 韌性城市大會（第十屆全球城市韌性與調適論壇），取得發表資格。

目前使用鋼質粒料（氧化矽）及瀝青混凝土刨除粒料皆能節省工程成本，添加 30% 氧化矽細粒料經計算後與新料瀝青混凝土比較每立方可節省 2,145 元（約每立方節省 29%）；天然碎石級配市場價格約為 630 元，瀝青混凝土刨除粒料取代較細粒料使用每立方公尺能節省約 24 元（約每立方節省 4%）。

台灣每年砂石需求在 7,500 萬噸以上，抽取海砂影響海底砂盤的穩定，開採河砂會改變河流和沿海生態系統。地球資源有限，國人環保意識抬頭，桃園市將鋼鐵產業難題轉換為瀝青混凝土新材料，也將瀝青產業的刨材料再度應用於道路基層新材料，未來鋼質粒料（氧化矽）應用於航空城道路可去化 65 萬噸，瀝青混凝土刨除粒料則去化量可達 165 萬 6,000 噸，減少大量河砂及海砂掏挖。目前臺北市政府、臺南市政府、嘉義縣政府及內政部營建署自論壇發表後，相繼至桃園市進行觀摩，全國各縣市政府開始推廣使用再生再利用材料，去化量可達數百萬噸之多，使台灣邁向優質的循環經濟國家，落實減少開採天然砂石，降低工程成本，解決產業問題，保護生態環境，達到永續發展的目標。

## 前言與推動過程說明

當前世界各先進國家對於廢棄物處理多投注心力，尤其荷蘭與水爭地，天然資源匱乏，爰傾全國之力發展循環經濟為世界知名，荷蘭宣誓 2050 年全國零

廢棄物，英國預計 2040 年淘汰傳統石油車。保護環境，並同時兼顧經濟發展，各國皆列為國家重要目標。

全世界每年砂石需求在 150 億噸以上，台灣每年砂石需求在 7,500 萬噸以上，如果持續大量開採砂石，

會加劇破壞河川及海洋生態，且新加坡、日本、荷蘭等先進國家已開始使用再生粒料（廢棄塑膠粒料等），運用在道路鋪面上。

回歸國內作法，中央政府推出「五加二產業發展政策」，其中一項即包含循環經濟，希望透過重新設計產品和商業模式，促進更好資源使用效率、消除廢棄物及避免污染自然環境。以國內來說，鋼質粒料約 300 萬噸 / 年（桃園市產生約 10 萬噸 / 年）、瀝青刨除料約 500 萬噸 / 年（桃園市產生約 50 萬噸 / 年）、焚化底渣約 100 萬噸 / 年（桃園市產生約 6 萬噸 / 年），如果沒有適當處理及去處，將成為無發處理且堆積如山的環境問題。

總統蔡英文於 105 年 5 月 20 日就職演說提及「台灣走向循環經濟時代，把廢棄物轉換為再生資源」及行政院林全前院長於 106 年 5 月 25 日提出政策方針指示各部會及地方政府，逐步將各種再生資源適材適所的運用於公共工程。

以桃園市政府轄管之道路長度 3,283 公里，面積約 4,148.3 萬平方公尺（公路 2,076.1 萬、市區道路 2,072.2 萬），若能將長久以來難以處理之廢棄粒料（氧化碓、道路刨除料、焚化底渣等），以建立適當規範，拌合於瀝青混凝土中，用以鋪築於轄管道路之路基、道路面層，或是緊急之道路坑洞修補，將可有效去化廢棄粒料，點石成金，讓廢棄物等資源再生，逐步將運用於公共工程。達成國家發展兼顧循環經濟之政策目標。

## 循環經濟推動歷程

### 遭遇問題

#### 產業廢棄物無處可去之困境

##### ● 煉鋼之副產物 / 氧化碓

台灣區鋼鐵工業同業公會反映鋼鐵生產後之事業廢棄物無去處，台灣鋼鐵工業每年煉鋼約 2,100 萬公噸，產值約 9,500 億元，同時會產生 300 萬公噸的爐碓無處去，因廠商堆置空間有限，有被迫減產之虞，屆時所產生層面會波及電子業、汽車業…等其他工業，間接造成本國經濟與生計嚴重問題。而國內爐碓再利用負面新聞不斷，造成民眾對爐碓認知偏頗，無法全面了解，使得去化更加艱辛。

##### ● 刨除道路瀝青混凝土 / 刨除料

台灣區瀝青工業同業公會反映瀝青刨除料無處堆置，目前國內辦理修復道路工程，每年至少會產生 300 萬噸（桃園市約產生 30 萬噸）的瀝青混凝土刨除料，但依現有道路工程的施工規範規定，現階段進行道路修復的再生瀝青混凝土最多僅能添加 40% 瀝青刨除料摻入使用，尚有 60% 瀝青混凝土刨除料無法去化，因此全國各縣市的瀝青廠都面臨刨除料堆積如山，難以去化的問題，進而影響工廠運轉，落入難再承接工程施作之窘境。倘若隨意堆置他處，將會遭各主管單位處罰，瀝青混凝土產業因而陷入十分艱難之困境，台灣區瀝青工業同業公會也多次促請行政院公共工程委員會重視瀝青混凝土刨除料堆置問題。行政院公共工程委員會於相關會議上，宣導請各縣市政府妥善規劃瀝青混凝土刨除料去處。

##### ● 垃圾焚化爐之底渣 / 焚化底渣

雖然民生垃圾焚化後減少體積，但焚化製程中產生的焚化底渣若不設法去化，將造成處理堆置空間的問題，進而恐再造成如同 104 年中彰投等地區垃圾無處可去無法消化的情形，因此焚化再生粒料的去化，屬於全國迫切待解決事項。

### 跨域協調整合困難

因廢棄粒料之問題處理，涉及眾多單位整合困難，需透過跨域協調，如行政機關間合作並制定規章、道路挖掘管理中心、產業工會、鋼鐵廠、瀝青廠、垃圾焚化爐等相關單位通力合作，形成新的上、中、下游產業鏈才有可能解決廢大量廢棄粒料無處可去問題。

- (1) 上游：鋼鐵廠、刨除料收集場、垃圾焚化爐等，產出大量廢棄粒料。
- (2) 中游：再利用機構及環保單位，檢測及認證廢棄粒料之物理、化學特性，是否適合再利用。
- (3) 下游：產業工會及瀝青廠採購新設備做再生粒料之拌合處理。

### 缺乏施工規範及成功案例

再生粒料用於道路工程缺乏施工規範，國內亦無相關成功之工程案例可供參考，故難以推動，需先由制度面著手，爰此桃園市政府工務局、台灣營建研究院、行政院公共工程委員會擬定、審查、核定設計施工規範以供依循。

另亦開始透過桃園市道路工程進行試辦應用、檢測成果等案例，歸納成功原因，調整摻料之最適配比，以滾動檢討方式，回饋修正施工規範。

### 公務機關本位主義及民眾意識普遍不支持

過往公務機關本位主義過重，思維趨於保守，不敢嘗試突破，皆因為一旦發生任何差池，便需要背負「責任」。

而採用再生粒料鋪設於道路工程，的確部分民眾會產生疑慮，擔憂粒料有毒性及污染性，且過往部份工程因將氧化碓運用於道路鋪面，產生明顯鏽斑，視覺上不甚美觀，使得民眾初步印象不佳，初期試辦普遍並不支持。

桃園市從公務團體內部向相關單位說明永續發展重要性及現今循環經濟趨勢，提醒公務人員服務大眾的初衷—「若這一代不做，下一代將會付出更大代價！」經多次協調及說服取得內部共識，推動工程永續發展及循環經濟。桃園市政府養護工程處於 105 年選擇龍潭區桃 68-1 線（高原路），將氧化碓取代部份粒料摻混瀝青後用於道路鋪面，至今道路鋪面完整無破損，唯一狀況是些許鏽斑。探究其因是該路採用氧化碓「粗粒料」，鐵含量較高易產生鏽斑，而（107）年八德區豐德路試辦工程採用氧化碓「細粒料」，透過破碎、磁選、篩分等程序降低氧化碓中鐵含量，進而降低鋪面產生鏽斑的問題。

經透過滾動檢討方式，檢討配比設計，使鏽斑消失，並透過長期檢測再生材料於鋪設前、後之污染性、強度、耐久性等項目，確保無毒、無害、經年耐久，進而取得民眾支持。



圖 1 過往道路工程產生明顯鏽斑（圖片引用自由時報）

### 技術、設備不成熟

因採用再生粒料鋪設於道路工程，其需要新的處理程序、檢測試驗等技術，因技術不成熟、設備需添購，對於產業工會及瀝青廠皆是新的困難與挑戰，故需透過取得環保局之固定污染源操作許可、新規範制定、試辦再生粒料鋪設於道路，進行多項長期檢測試驗，持續滾動檢討，使得技術面不斷精進成熟。

透過產業工會及瀝青廠意識環境保護及創新技術之價值所在，願意採購新設備做再生粒料之拌合處理，逐步補足再生粒料應用於道路工程所需要之技術及設備。

### 工務與環保單位合作

本次研究主要再生及再利用材料有刨除再生粒料、鋼質粒料（轉爐石）及鋼質粒料（氧化碓），其中刨除料和轉爐石不需要經過再利用機構處理，而刨除料又不需要申請空汙變更異動。依據法規「經濟部再生利用之再生資源項目及規範」，刨除再生粒料不需要提供計畫書。而依據法規「經濟部工業局事業廢棄物再利用管理辦法」，氧化碓需要經過再利用機構處理後，並提供供料計畫書才可以將鋼質粒料（氧化碓）供料給瀝青拌合廠使用。瀝青拌合廠則必須向當地環境主管機關申請固定污染源操作許可證及相關環保許可之變更或異動作業，以確保製程作業符合操作許可內容。固定污染源操作許可申請在瀝青混凝土拌合廠其實不難，主要是本身申請文件是否有如實，另外配合政府政策所需要增加的設備是否有增加，定期申報資料完整性，讓政府知道工廠在做什麼事，生產流程使用什麼材料，對環境造成那些影響，定量數值化。鋼質粒料等再利用產品部分取代原來的生產總量，並不需要再進行檢測，經環保主管機關同意後可直接申請准用固定污染源操作許可證之「異動一款」，在不增加污染量的條件下，將拌合流程經過位置及通過量進行說明。另外堆置總量不增加，取代部分堆置總量，並說明堆置位置即可。

### 全國首創：循環經濟、點石成金計畫

- 創新觀念需充分溝通，取得各界共識（策略與決心）  
使用新的材料鋼質粒料（氧化碓），一般傳統瀝青業者都同為面臨「對新材料的基本性質特性不熟」、

「工廠內材料儲存空間須調整」、及「須依賴空污法申請固定污染源操作許可」等因素，有恐懼排斥的心防，須透過協調環保單位共同協助說服嘗試挑戰，直到有具體成果，該心防才會放下配合推動；經過強力輔導桃園市已至少有 3 家瀝青廠取得該固定污染源操作許可，可以全力配合推動，使桃園市成為全國第一個和民間團體達到共識能同心協助推動的地方政府。

另焚化再生粒料雖然已有相關案例使用於道路級配料基底層，但由於焚化再生粒料比重輕、易脆裂及磨損率高，缺乏使用誘因，且民眾對於焚化再生粒料特性不熟悉等問題，其應用於公共工程上難以推廣，藉由適材適所概念，將焚化再生粒料應用於土壤穩定，例用焚化再生粒料內含石灰特性改良土質，提高主辦機關及廠商使用意願。

此項創新應用推行不易，需有正確策略及心態，從主辦機關聯合產、關、學、研，各界齊心協力，以正確之三個進程策略：試辦、推廣、適用，及保護環境之三個永續心態：敢用、會用、一定要用，逐步凝結各界共識，願意共同推動。

● 再生粒料創新設計規範（新配比）

(1) 煉鋼之副產物 / 氧化矽

對於鋼質粒料（氧化矽）單位重較一般天然粒料來的重，必須透過實驗室材料試拌與開會請專家就其試拌數據及自身經驗提出可行方案，再透過試辦工程實施成效試驗驗證才能做出較正確的配比使用。為確保鋼質粒料（氧化矽）來源品質穩定及日後責任容易釐清，特別在新增施工規範內訂定「供料計畫書」。

(2) 刨除道路瀝青混凝土 / 刨除料

老舊的路面材料經刨起後的粒料為瀝青混凝土刨除粒料，再利用過程會經過破碎程序，產生級配降級問題，且又外層裹油包覆。因此加入天然級配重新拌合作為級配粒料，即使外層裹油包覆也不影響作為級配之功能，經過洛杉磯磨損試驗等基本性質試驗通過後，可替代較細的粒料使用。

(3) 垃圾焚化爐之底渣 / 焚化底渣

土壤性質受到各種因素影響複雜無比，而垃圾焚燒後經穩定化處理成為焚化再生粒料，因區域性生活特性燒結後之化學成分有些許差異。透過實驗將桃園具代表性紅土與桃園市觀音灰渣處理場之焚化再生粒料進行拌合作業，觀察反應機制及數據統計穩定土壤成效顯著後，再對各應用工程進行試辦出最佳配比。

● 創新成效評估作法

民眾對於爐渣是否對環境有影響存有疑慮，故八德區豐德路道路工程施工前，不僅針對氧化矽進行取樣試驗外，還進行水質井鑽探採樣地下水，並預計進行五年的水質長期監測，藉此掌握八德區豐德路水質變化情形。

氧化矽的材料經過嚴格管控，所有供料需檢附無輻射、戴奧辛、TCLP（毒性溶出試驗）等相關環境類的試驗報告，先確定供料不影響生態環境才允許使用，施作過程中及完工後同時委託中華鋪面學會進行成效評估，以確保本工程氧化矽鋪面品質，確保工程成效，並持續檢討與驗證。



圖 2 彭柯曼梁撓度試驗

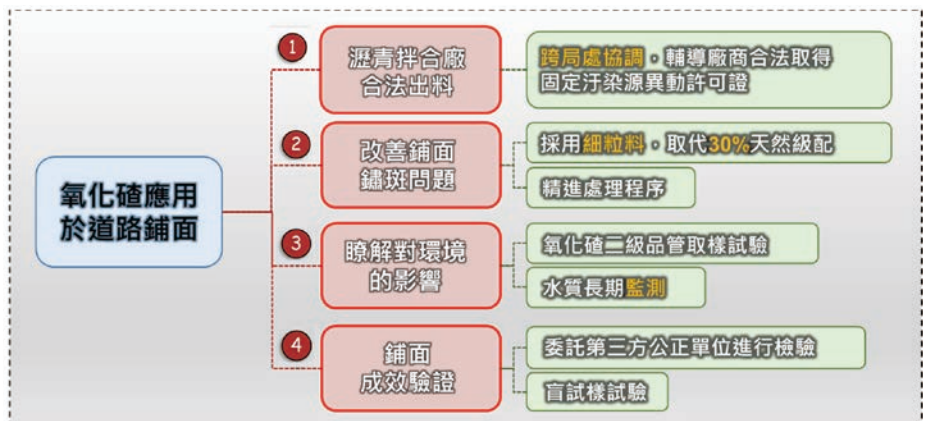


圖 3 氧化矽應用於道路鋪面各面向品質管理

### 試辦工程之成功案例

桃園市目前將再生粒料，創新運用於道路鋪面有許多成功案例。

- 煉鋼之副產物 / 氧化碓

氧化碓已運用於 7 條道路之鋪面，道路長度達 7,593 公尺，共計去化 7,419 噸，其中桃園市八德區豐德路氧化碓瀝青混凝土鋪面試辦工程，亦獲得 107 年桃園市公共工程金品獎，及行政院公共工程委員會 107 年第 18 屆公共工程金質獎榮譽。

- 刨除道路瀝青混凝土 / 刨除料

刨除料已運用於 3 條道路之基底層，道路長度達 960 公尺，共計去化 1,623 噸。

- 垃圾焚化爐之底渣 / 焚化底渣

焚化底渣已摻入道路管線挖掘後之控制性低強度回填材料 (CLSM)，目前已去化 2 萬 6 千噸。

### 宣傳與推廣

將桃園市目前將再生粒料，創新運用於道路鋪面之許多成功案例，透過媒體宣傳行銷、舉辦研討會及論壇、期刊論文發表等，廣邀各界參與討論，並將桃園經驗分享予各相關單位 (中央機關、地方政府、各縣市產業工會、瀝青廠、環保產業等)，並做及意見交流。

- (1) 透過媒體報導 5 則以上。
- (2) 研討會 / 論壇 9 場。  
(官、產、學界共同參與)。
- (3) 期刊論文發表 1 篇。

### 循環經濟發展目標達成度

#### 確保永續消費和生產模式

透過預防、減量、再循環、再利用等方式減少廢棄物生成，桃園市即是依據循環經濟的概念，力行循環及再利用，將鋼鐵工業生產的廢棄物，轉為瀝青工業的拌合級配材料。

目前國內每年氧化碓產量計 120 萬公噸，桃園市目前已協助鋼鐵產業去化 5,537 噸應用於工業區道路及專案歲修。未來氧化

碓用於航空城道路 (約 360 公頃)，預計可去化 65 萬噸的氧化碓。

瀝青混凝土刨除粒料依照台灣區瀝青工業同業公會表示已遠超過 300 萬噸，而桃園市在推廣瀝青混凝土刨除粒料優先於其他縣市應用於道路基層，已去化 1,600 噸瀝青混凝土刨除粒料。目前已規劃設計於瓶頸道路及重劃區內進行使用可協助去化 33,500 噸，若應用於航空城道路預計去化量可達 165 萬噸。

### 煉鋼之副產物 / 氧化碓運用於道路工程之成效

氧化碓應用於工業區道路及每年專案歲修，目前已完成 7 條道路，總長度約 7,600 公尺，已去化氧化碓數量約 5,537 噸。近期尚有 4 條道路，總長 19,900 公尺使用，可去化氧化碓數量約 11,100 噸。

未來桃園市每年道路專案修復工程，其道路面積至少使用 1/3 之氧化碓，估計每年可持續去化約 4.5 萬噸氧化碓。此外，航空城建設至少使用 65 萬噸以上。

使用氧化碓鋪設之道路，可提高道路強度及耐久度，並且相較傳統用新料瀝青混凝土鋪設道路，可節省約 26% 經費 (以八德區豐德路為案例)。

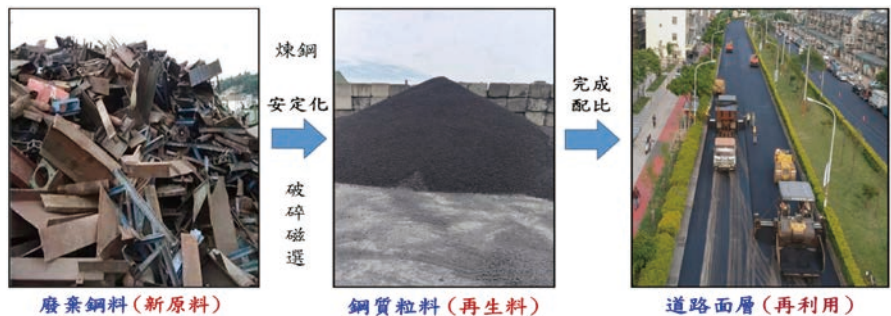


圖 4 氧化碓之運用方式

表 1 桃園市氧化碓之運用於道路工程之成效

項次	工程名稱	道路長度 (公尺)	道路寬度 (公尺)	去化數量 (噸)	完工日期
1	龍潭區高原路桃 68-1 道路品質改善計畫	150	17	150	105.12.6
2	八德區豐德路氧化碓瀝青混凝土鋪面試辦工程	600	30	1,300	107.4.19
3	新屋區桃 107 線 (0K+000~2K+570) 道路品質改善計畫	2,570	8	1,460	107.6.2
4	楊梅區獅二路道路品質改善計畫 (幼獅工業區)	480	10	350	107.10.15
5	龜山區華亞一路道路品質改善計畫 (華亞科技園區)	1,742	8	1,050	107.11.23
6	龍潭區美國路道路品質改善計畫	1,900	6	427	107.12.12
7	蘆竹區打通營盤里歐楓街延伸段新闢道路工程	151	8	800	108.1.28
總計		7,593		5,537	



圖 5 桃園市八德區豐德路運用氧化礫之施工及完工照片

刨除道路瀝青混凝土 / 刨除料運用於道路工程之成效

桃園有許多瓶頸道路及重劃區內進行使用，目前已完成 3 條道路，總長為 960 公尺，已去化瀝青混凝土刨除料約 1,600 噸。近期 5 條道路刻正設計使用，預計還有 35,600 公尺道路將使用瀝青混凝土刨除料應用基層，及去化 33,500 噸瀝青混凝土刨除料。

未來桃園市之瓶頸道路打通及重劃區道路，估計每年可持續去化約 16 萬噸刨除料，未來航空城建設至少使用 165 萬噸以上。

表 2 桃園市刨除料之運用於道路基層之成效

項次	工程名稱	道路長度 (公尺)	路基厚度 (公尺)	去化數量 (噸)	完工日期
1	平鎮區石門大圳巡防道路改善工程	510	0.3	578.2	107.9.6
2	楊梅區五守街至福矜路消防及水保改善工程	300	0.3	520.3	107.7.7
3	平鎮區華安里華安街道路拓寬工程	150	0.4	524.6	108.2.17
總計		960		1,623	



圖 6 刨除料之運用方式

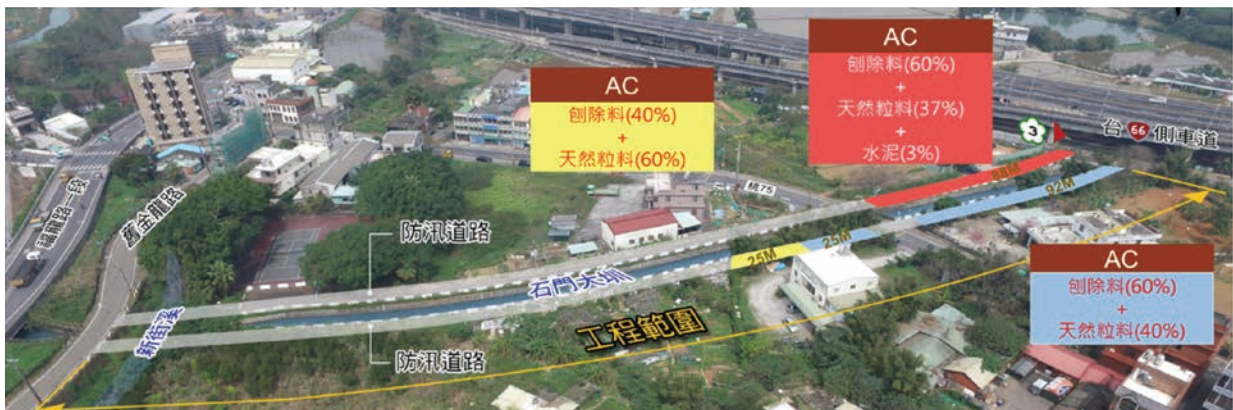


圖 7 石門大圳巡防道路改善工程運用刨除料 (不同配比試驗) 之完工照片



圖 8 五守街至福裕路改善工程(上)、華安街道路拓寬工程(下)運用刨除料之完工照片

垃圾焚化爐之底渣 / 焚化底渣運用於道路工程之成效

焚化再生粒料應用工程有三方面著手：控制性低強度回填材料 (CLSM)、環保高壓磚及穩定土石方。

未來除持續運用於管溝回填 CLSM 外，亦研究如何運用於道路路床、基地回填土石方穩定、構造物回填及作為道路面磚使用，將來會有更多應用機會。

● 控制性低強度回填材料 (CLSM)

桃園市轄內開挖長度達 50 公尺的道路管挖工程使用控制性低度混凝土 (CLSM) 回填時，必須添加焚化再生粒料 500 公斤，據環境保護局統計，截至 108 年 5 月中旬，管挖單位使用焚化再生粒料 (焚化底渣) 約 2 萬 6 千噸。

● 環保高壓磚

已於 107 年 12 月 21 日邀請相關磚品製造廠商共同討論技術性去化量問題，由工程單位提出使用需求數量，由環境保護局上網採購，目前環保高壓磚其中至少 30% 組成為焚化底渣。

預計今 (108) 年度將會有 27,600 平方公尺之人行道及公園建築周遭簡易鋪面將會使用焚化再生粒料製成的環保高壓磚及透水磚，預計可去化 1,247 噸焚化再生粒料 (焚化底渣)。

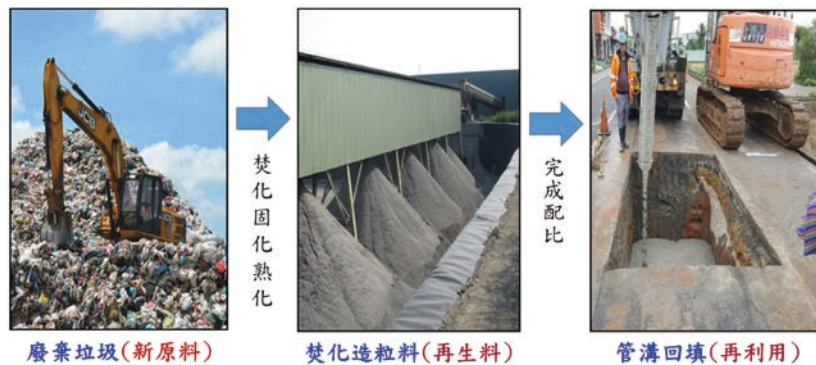


圖 9 焚化底渣之運用方式

焚化底渣申請作業流程

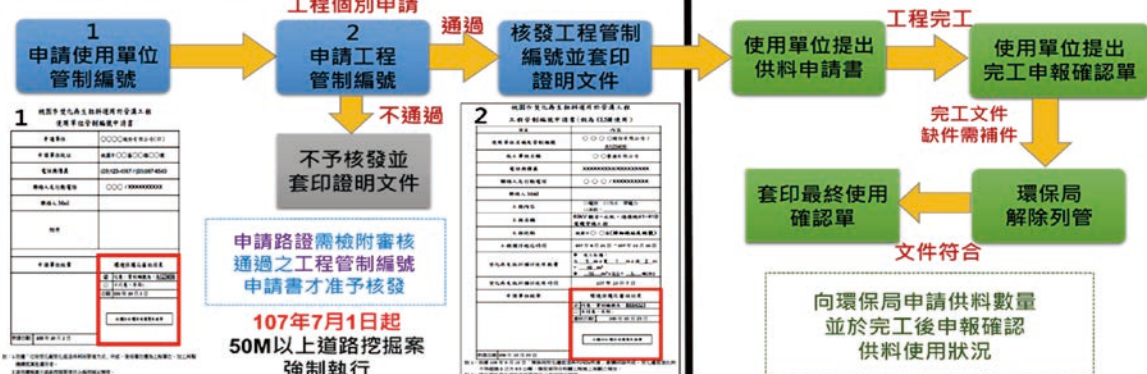


圖 10 桃園市焚化底渣運用於 CLSM 管制流程圖

桃園市養護工程處預計於桃園區中興路，試辦以環保高壓磚鋪設人行道，預計 108 年 12 月前完工，將會是全國第一條循環經濟人行道，並結合無障礙設施及透水鋪面，兼顧環保、無障礙及降低熱島效應。

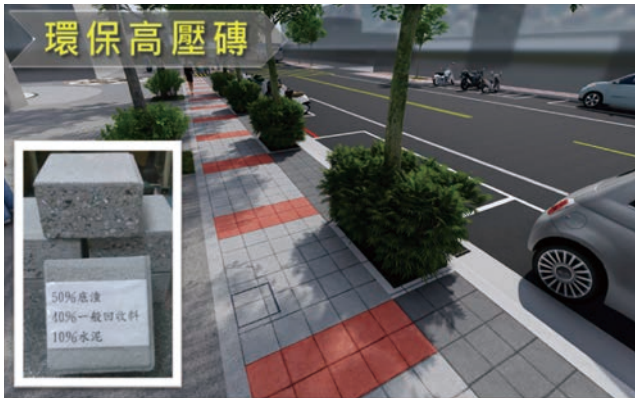


圖 11 桃園區中興路試辦以環保高壓磚鋪設人行道

● 穩定土石方

桃園市政府新建工程處於福園公園，已將 226 立方公尺土石方及 260 立方公尺焚化再生粒料（焚化底渣）進行拌合，並且運回 486 立方公尺回填於福元公園停車場。未來將規劃試辦桃園機場捷運 A20 站區區段徵收工程（基本設施）及桃園市觀音區忠富路（桃 85 號）彎道改善工程（第二階段），前者為焚化再生粒料應用於基地回填，後者為應用於路床改良。

運用焚化再生粒料之最佳配比與工程特性，刻由中原大學土木工程學系，利用上述試辦案件進行試驗，並研擬相關設計及施工規範，未來將報請公共工程委員會審查通過後，即可推廣實施。

計畫經費運用之合理性

數十萬經費解決百萬噸問題

桃園市自 106 年 8 月 9 日委託社團法人中華鋪面工程學會進行「桃園市再生及再利用材料運用於公共工程之策略與規範修訂服務」，決標金額新臺幣 898,000 元整，工作項目包含召開專家學者會議 7 次（包含規範討論、試辦工程可行性擬定、鋪築方案擬定）、配比相關試驗、研討會及推廣教育訓練等。以執行期程半年 100 萬元以內採購案，解決數十年瀝青廠數以百萬的瀝青混凝土刨除料、鋼鐵工業百萬噸氧化矽及民生數萬噸焚化再生粒料，解決產業運轉困難之窘境。

煉鋼之副產物 / 氧化矽用於道路工程可降低成本

鋼質粒料（氧化矽）為免費之材料，因此瀝青混凝土添加 30% 氧化矽細粒料經計算後，與新料瀝青混凝土比較每立方可節省 2,145 元（約每立方節省 29%）。

表 3 新料瀝青混凝土及氧化矽瀝青混凝土價格比較

項目	新料瀝青混凝土	氧化矽瀝青混凝土
單價 (元 / 立方公尺)	7,461 元	5,136 元

刨除道路瀝青混凝土 / 刨除料用於道路工程可降低成本

天然碎石級配市場價格約為 630 元，而瀝青混凝土刨除料使用前需要經過破碎、過篩及拌合等程序，且只能取代較細粒料使用，因此經過計算後，每立方公尺能節省約 24 元（約每立方節省 4%）。

表 4 天然碎石級配及瀝青混凝土刨除料價格比較

方案處理過程	天然碎石級配	瀝青混凝土刨除料 (以複價計算)
破碎、過篩	×	○ 66 元 / 立方公尺
添加粗粒料	×	○ 320 元 / 立方公尺
材料拌合費用	×	○ 220 元 / 立方公尺
統計	630 元 / 立方公尺	606 元 / 立方公尺

垃圾焚化爐之底渣 / 焚化再生粒料用於道路工程可降低成本

焚化再生粒料由本府環境保護局進行品質把關並無償提供給工程主辦機關，以焚化再生粒料進行土壤改良費用較原以置換土方費用，每立方公尺可節省 530 元（約每立方節省 62%）。

表 5 原置換土方費用及土壤改良費用價格比較

方案處理過程	運至土資廠及購土	使用焚化再生粒料改良土石方
剩餘土石方處理費	○ 350 元 / 立方公尺	×
購土	○ 500 元 / 立方公尺	×
焚化再生粒料	×	○ 免費供應
石灰	×	○ 150 元 / 立方公尺
拌合(耕耘機)	×	○ 170 元 / 立方公尺
總計	850 元 / 立方公尺	320 元 / 立方公尺



## 循環經濟於工程上之應用推動策略

### 推動永續發展相關工作具體成效

#### 道路工程運用再生粒料之具體成效

- (1) 解決鋼鐵工業製程之副產品、路面刨除料、垃圾焚化後底渣之去化問題，促進環保及工程產業發展，達到產業共生、循環經濟再利用。
- (2) 減少天然砂石開採，節省施工經費及達到節能減碳。
- (3) 解決瀝青廠瀝青混凝土刨除料堆置及廠區環保問題，去化難以處理之廢棄物。
- (4) 解決民生垃圾產生問題，並且擴大焚化再生粒料之應用面向，避免垃圾大戰。
- (5) 透過研討會、論壇、參訪及期刊論文發表等，進行經驗回饋及意見交流，提升再生粒料技術及品質。

#### 將桃園市經驗，修訂施工規範供全國依循

為應用鋼質粒料（氧化碓）及瀝青混凝土刨除料應用基層，桃園市政府修訂施工規範第 02722 章、第 02726 章、第 02741 章及第 02742 章，提案施工綱要規範送至行政院公共工程委員會審查，並於 107 年 10 月 2 日及 107 年 11 月 9 日開會審查通過，會議紀錄各於 107 年 10 月 24 日及 11 月 30 日發布，可推廣至全國使用。

#### 建立再生粒料與生命週期管理平台（生產履歷管理）

透過建置平台模組，並納入桃園市各工程單位積極推動之循環經濟材料，進行後端管理

平台進行追蹤及分析管理，達到循環經濟的效益同時以此整體性的指標管理平台作為未來整合性之績效評估，並且將使用權限授予各主辦機關及承攬廠商加強平台正確性及應用廣泛性。

### 推動永續發展相關工作特殊實績及亮點

#### 落實循環經濟，達保護生態環境及永續發展目標

全世界每年砂石需求在 150 億噸以上，台灣每年砂石需求在 7,500 萬噸以上，消耗的資源數量僅次於水，

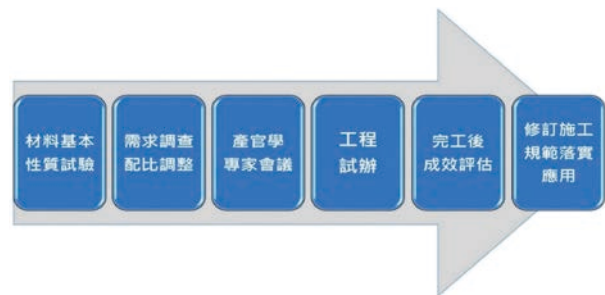


圖 12 再生粒料制定施工規範之步驟圖

再生粒料種類	項次	再生粒料種類	綱要規範審查進度	備註
鋼質粒料	1	第02741章 瀝青混凝土之一般要求	已修訂完成	1.作為細粒料最高可摻入30% 並於規範內要求供料計畫書 2.財團法人臺灣營建研究院於107年10月24日發布會議紀錄審查通過，並公開閱覽2個月後納入正式版本。
	2	第02742章 瀝青混凝土鋪面	已修訂完成	
瀝青混凝土 刨除粒料	3	第02722章 級配粒料基層	已修訂完成	1.粒料備細最高可摻入60% 2.財團法人臺灣營建研究院於107年11月30日發布會議紀錄審查通過，並公開閱覽2個月後納入正式版本。
	4	第02726章 級配粒料底層	已修訂完成	
焚化再生粒料	5	第03377章 控制性低強度回填材料	已修訂完成 (105年7月)	應用於CLSM
	6	第02331章 基地及路堤填築	進行研究階段	
	7	第02361章 土質改良	進行研究階段	

圖 13 三種再生粒料制定施工規範以供依循

桃園市政府 Taoyuan City Government		循環經濟平台 Circular Economy Platform			
地區					
案件查詢					
首頁 > 案件管理					
Search..			案件搜尋		
識別碼	工程名稱	氧化碓使用量	刨除粒料基層使用量	焚化再生粒料使用量	主辦機關
1	桃園市觀音區草漯第一、六區整理開發單元市地重劃統包工程	0	24347	8077	新建工程處
2	桃園區場捷運A20站區段徵收工程(基本設計)	0	27365.4	0	新建工程處
3	平鎮區華安里華安街道路拓寬工程	0	524.6	0	新建工程處
4	楊梅區五守街至福裕路消防及水保改善工程(吳天宮)	0	520.3	0	新建工程處
5	平鎮區石門大圳巡防道路改善工程	0	578.2	0	新建工程處
6	蘆竹區開南段龍林街北上道路開通工程	0	351.936	0	新建工程處
7	八德區興豐路人行道改善工程	0	140.8	0	養護工程處
8	楊梅區校前路人行道改善工程	0	815.58	55.568	養護工程處
9	桃園市蘆竹區人本示範道路-南山路一、二段道路多目標改善工程	0	0	0	養護工程處
10	桃園市龍潭區桃68-1線	150	0	0	養護工程處

圖 14 循環經濟材料管理平台（生產履歷管理概念）

抽取海砂影響海底砂盤的穩定，開採河砂會改變河流和沿海生態系統，這些現象造成河水氾濫、海岸線向內退縮等生態浩劫。將鋼鐵產業難題轉換為瀝青混凝土新材料，也將瀝青產業的創材料再度應用於道路基層新材料，循環再利用達到零廢棄目標，減少大量河砂及海砂掏挖，落實保護生態，提供後代子孫優質生活環境。

### 解決長年垃圾焚燒後，底渣無法處理問題

台灣地區垃圾廢棄物以焚化為主，掩埋為輔，垃圾經焚化處理、高溫燒結後產生數量龐大的焚化爐底渣，據行政院環境保護署統計資料顯示近年來台灣地區焚化爐底渣總產量約在 80 ~ 100 萬公噸，由於台灣地區地狹人稠，掩埋場空間不足，加上環保意識抬頭，永續發展概念已儼然成為趨勢，焚化爐底渣再生利用不僅可以使得廢棄物減量，更可達到資源永續循環經濟的目標，解決政府當今需面對的難題。

### 節能減碳，節省經費

目前已知使用鋼質粒料（氧化碓）取代天然級配料 30%，碳足跡約每公噸節省 6.24 KgCO<sub>2</sub>e。以桃園市政府養護工程處「桃園市八德區豐德路氧化碓瀝青混凝土鋪面試辦工程」為案例，使用 1,300 噸鋼質粒料（氧化碓），碳足跡減少約 8,112 KgCO<sub>2</sub>e，相當於 740 棵樹 1 年的二氧化碳吸收量。

此外，氧化碓瀝青混凝土在價格上較傳統瀝青混凝土便宜 25%，本案試辦工程完成後替市庫節省了 360 萬餘元。

### 國家級計畫—桃園航空城開發，將運用再生粒料

藉由循環經濟零廢棄物的理念，在回應鋼鐵及瀝青產業問題上，達到一個新的產業平衡，使桃園成為韌性城市。

在工程上應用再生資源，使資源的循環最佳化，且循環的途徑短（在地問題、在地解決），成為循環城市。

航空城道路（約 360 公頃）未來若運用再生再利用材料，預計可去化 65 萬噸的鋼質粒料（氧化碓）及 165 萬噸的瀝青混凝土刨除粒料。

### 八德區豐德路氧化碓鋪面工程榮獲金品獎、金質獎

八德區豐德路路幅寬度約 40 米、雙向六車道，連接台 4 線的重要道路，也是八德區砂石車行駛路段，因重車往來頻繁導致鋪面損耗率高。而氧化碓係為鋼質粒料，具有耐壓、堅硬、耐磨損等特性，特別適用於車水馬龍、車輛反覆剎停的市區道路，摻混氧化碓的瀝青可大幅提升道路之耐久性，延長道路壽命，降低日後道路維護管理費用。

桃園市政府養護工程處提報循環經濟道路 - 八德區豐德路氧化碓瀝青混凝土鋪面工程，亦獲得 2018 桃園市公共工程金品獎（107 年 8 月 20 日頒獎），及行政院公共工程委員會 107 年第 18 屆公共工程金質獎（107 年 12 月 18 日頒獎）榮譽。（工程介紹影片詳網路連結 <https://www.youtube.com/watch?v=wQKtgxalvTk>，如下圖 QR code）

### 再生粒料結合行政院推動道路前瞻計畫

配合行政院前瞻計畫推動，桃園市亦提出 4 條道路品質改善計畫，同時結合道路循環經濟之再生粒料應用，提報內政部營建署、經濟部工業局成功爭取經費補助，不僅充分運用前瞻計畫機會爭取中央補助，加速桃園市道路品質提升效率，亦可實踐再生粒料之應用推廣，落實循環經濟。

### 宣傳與推廣

將桃園市目前將再生粒料，創新運用於道路鋪面之許多成功案例，透過媒體宣傳行銷、舉辦研討會及論壇、期刊論文發表等，廣邀各界參與討論，並將桃園經驗分享予各相關單位（中央機關、地方政府、各縣市產業工會、瀝青廠、環保產業等），並進行意見交流。



圖 15 豐德路氧化碓鋪面工程榮獲金品獎（左）、金質獎（右）

(1) 透過媒體報導 5 則以上

自由時報電子報、聯合新聞網、台灣好新聞 TaiwanHot.net、好房網 News、Yahoo 奇摩新聞等皆有桃園市應用氧化碓相關報導。

- 自由時報電子 <https://news.ltn.com.tw/news/local/paper/1180778>
- 聯合新聞網 <https://udn.com/news/story/11322/3575439>
- 台灣好新聞 <http://www.taiwanhot.net/?p=568529>
- 奇摩新聞 <https://reurl.cc/k2b4x>
- 好房網 <https://reurl.cc/bgj43>

(2) 研討會 / 論壇 9 場

與中央大學陸續辦理 8 場循環經濟相關研討會及 1 場全國性論壇，自 106 年 8 月起「市區道路鋪面工程循環經濟再利用研討會」、「桃園市道路人本環境提升暨鋪面循環經濟推廣作為精進研討會」、「台灣地區循環經濟再生再利用優質鋼碓應用於道路工程品質耐久性提升高峰論壇」，107 年的「桃園再利用規範研討會」、「桃園前瞻計畫執行績效管理提升研討會」、「道路工程循環經濟導入再生粒料應用成效研討會」、「瀝青混凝土刨除粒料循環再利用研討會」，至 108 年 3 月「循環經濟材料導入草漯重劃區應用論壇」。

表 6 桃園市道路前瞻計畫結合循環再生粒料

項次	工程名稱	計畫經費	補助經費	補助單位	去化數量(噸)
1	新屋區桃 107 線 (0K + 000 ~ 2K + 570) 道路品質改善計畫	24,860	12,430	內政部營建署	1,460
2	龍潭區美國路道路品質改善計畫	12,000	6,000	內政部營建署	1,900
3	楊梅區獅二路道路品質改善計畫 (幼獅工業區)	5,440	4,570	經濟部工業局	350
4	龜山區華亞一路道路品質改善計畫 (華亞科技園區)	14,310	12,020	經濟部工業局	1,050
總計		56,610	35,020		4,760

(3) 期刊論文發表 1 篇

桃園市獲邀 108 年 6 月 26 日至 28 日假德國波昂舉辦之 2019 韌性城市大會 (第十屆全球城市韌性與調適論壇) 發表投稿。

民眾參與度

計畫執行期間民眾 / 廠商 / 機關參與程度

民間企業積極參與

民間瀝青廠及再利用機構為配合推動國家循環經濟政策及克服工程應用再生再利用粒料所需，皆紛紛增購新設備及調整生產流程動線，足見民間產業與政府達成共識，共同努力創造雙贏局面。

本計畫過程中，透過桃園市政府工務局及環保局連輔導，成功使桃園市之瀝青廠成功轉型，即可依循規範使用及處理再生粒料，達成工程與環保產業異業結盟。

民間自辦市地重劃區工程亦應用

因桃園市政府陸續採用循環經濟材料於轄內道路成效良好，故桃園市觀音區廣福 (第五單元) 自辦市地重劃重劃會也函請本府，亦遵照本府所訂施工規範採用再生再利用粒料於工程上，落實循環經濟政策。

本計畫成效可做為全國各機關參考

政院環境保護署邀請桃園市政府於 107 年 9 月 14 日，聯合辦理再生粒料參訪暨茶會論壇活動，並參訪新屋區新湖示範道路及觀音灰渣處理廠等地。

臺南市政府於 107 年 12 月 14 日、臺北市政府於 108 年 3 月 15 日及嘉義縣政府於 108 年 5 月 9 ~ 10 日至桃園市參訪學習經驗。

桃園市政府以每年 10 萬噸之循環經濟材料去化量，擴及全國各縣市政府使用再生再利用材料去化量可達數百萬噸之多，使台灣邁向優質的循環經濟國家，落實減少開採天然砂石，降低工程成本，解決產業問題，保護生態環境，達到永續發展的目標。



圖 16 民間瀝青廠配合本計畫，重新安排設備及堆置區位

## 民眾資訊取得難易度

### 舉辦道路循環經濟論壇，廣邀各界參與並積極推廣

107年9月6日舉辦「桃園市工程循環經濟導入再生再利用粒料應用論壇」，邀請行政院公共工程委員會、內政部營建署、經濟部工業局、交通部公路總局、行政院環境保護署、各縣市政府及相關產業界、學者共同交流。

### 再生粒料規範上網公開方便取得

目前網路上搜尋即可看到許多關於桃園使用循環經濟粒料的相關報導，本局也在網站上公開使用循環經濟

粒料相關施工規範，行政院公共工程委員會也將審查過後施工綱要規範於公共工程技術資料庫發布，讓需要使用的顧問公司及營造廠商可以輕易取得桃園市的施工規範，並且一起落實推廣循環經濟、永續發展策略。

- 桃園市政府工務局網址：<https://pwb.tycg.gov.tw>
- 公共工程技術資料庫網址：<http://pcces.pcc.gov.tw>

### 民眾參與道路循環經濟施工說明會

為使民眾充分瞭解道路循環經濟理念，桃園市政府即透過道路品質提升改善計畫，廣邀工程所在地之民意代表及地民參與施工說明會，使得再生粒料之生產、檢測、施工、追蹤成效等作法，能逐漸獲得民眾

認知進而轉為支持，落實循環經濟普世價值。

### 民眾路平滿意度及道路考評提升

桃園市於內政部營建署107年度「道路養護管理暨人行環境無障礙考評計畫」共獲得「直轄市型優等獎」、「道路養護直轄市型第一名」、「交通工程直轄市型第一名」、「人行環境直轄市型第二名」、「區塊考評直轄市型第二名」等5項殊榮，路平滿意度由升格前30%提升至70%，使道路及行人環境能夠兼顧實用性及循環經濟。

### 結語

循環經濟儼然已成為環境資源之顯學，全球各地均有多種倡議轉化為實踐的個案，甚至是通案。如何因地制宜，將思考轉化為行動，將是公私部門必須面對之課題。桃園市通盤檢討在地環境、資源以及廢棄物之特性，擬定循環經濟之政策，協調運用研究部門之研發能力，納入私部門之製程暨設備改善，共同發展資源與廢棄物之再利用對策，以及相關規範與具體作法，倍求周延。再生粒料運用於公共工程即為此一循環經濟再利用整合策略之體現。台灣自然資源有限，雖各地客觀環境條件不盡相同，但循環經濟對環境之影響在此36,000平方公里土地上，不應侷限於行政區界限。謹以本文略述桃園市循環經濟再利用整合策略發展之進程，供各界先進參考，以利共同呼應中央政府「五加二產業發展政策」，共創台灣更加優質之環境與資源。



圖 17 行政院環境保護署與桃園市政府合辦再生粒料參訪暨茶會論壇 (107年9月14日)



圖 18 內政部營建署及嘉義縣政府參訪桃園市再生粒料應用 (108年3月9日~10日)



圖 19 桃園市工程循環經濟導入再生再利用粒料應用論壇 (107年9月6日)