

行政院環境保護署

廢玻璃再生粒料應用於級配粒料基底層
之使用手冊

中 華 民 國 111 年 12 月

目 錄

第一章 總則.....	1
1.1 緒論	1
1.2 內容架構說明	3
1.3 手冊使用者導引	4
第二章 廢玻璃再生粒料性質與應用	6
2.1 來源	6
2.2 處理技術	6
2.3 基本性質	7
2.4 國內外公共工程之方式與案例蒐集	9
2.5 參考文獻	21
第三章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層性質驗證	23
3.1 基層及底層適用範圍	23
3.2 廢玻璃再生粒料應用於基層及底層之工程性質	23
3.3 品質要求	26
3.4 參考文獻	27
第四章 廢玻璃再利用機構之生產與管理	28
4.1 廢玻璃再利用機構	28
4.2 生產	28
4.3 運送與再利用流向申報管理	30
4.4 參考文獻	31
第五章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層產製及品質檢驗	32
5.1 使用要點	32
5.2 資料審查及再生級配粒料供料計畫書	32
5.3 產製	34
5.4 施工	35
5.5 品質檢驗	38
5.6 計量與計價	39
5.7 參考文獻	39
第六章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層品質管理與注意事項	40
6.1 品質管理	40

6.2 注意事項	41
6.3 參考文獻	41

附錄、供料計畫書(參考範本)

表目錄

表 2.1 玻璃砂再生粒料物理性質	7
表 2.2 廢玻璃再生粒料化學成分分析(%)	8
表 2.3 TCLP 試驗標準及結果表(NIEA R201.15C)	8
表 2.4 國內再利用相關領域	16
表 3.1 基層級配規定及廢玻璃再生粒料級配範圍	24
表 3.2 底層級配規定及 100%廢玻璃再生粒料與混料級配範圍	24
表 5.1 廢玻璃再生粒料環境相容性與雜質率檢驗結果表(產源端檢 測)	32
表 5.2 級配粒料底層(廢玻璃再生粒料)之級配品質試驗結果	33
表 5.3 底層級配粒料產品品質檢驗項目、方法及頻率	33

圖目錄

圖 1.1 道路結構剖面示意圖	3
圖 2.1 廢玻璃容器回收處理流程	7
圖 2.2 加拿大蒙特婁省修女島達爾文橋	11
圖 2.3 預鑄水溝蓋中加入廢玻璃(含量佔粒料之 54.4 %).....	12
圖 2.4 日本廢玻璃工程鋪面實景	13
圖 2.5 應用於樹脂系鋪面的表層用粒料	14
圖 2.6 廢玻璃再利用於地磚之實景	15
圖 2.7 澳洲新南威爾斯省洛克哈特郡應用廢玻璃於道路底層鋪設...	16
圖 2.8 廢玻璃再利用做為景觀步道及商標圖案材料	17
圖 2.9 玻璃瀝青混凝土路面試鋪(雲林 156 縣道).....	18
圖 2.10 玻璃瀝青混凝土路面試鋪(雲林 158 縣道).....	18
圖 2.11 廢玻璃再利用作為地磚材料實景	19
圖 2.12 添加廢玻璃之透水人行磚	20
圖 4.1 廢玻璃再利用處理流程圖	29
圖 5.1 道路級配粒料基底層施工流程	36

第一章 總則

1.1 緒論

一、緣起

廢玻璃來源主要為玻璃容器、平板玻璃、汽車玻璃等，其中平板玻璃、玻璃容器數量佔絕大多數。依環保署 109 年統計年報之執行機關資源回收成果統計資料顯示，近十年玻璃製品回收量大幅增加，從民國 97 年的 169,428 噸至民國 110 年增加至 447,277 噸，回收量成長 2.6 倍，其中玻璃容器回收量在 110 年為 202,913 噸，玻璃材質不會腐爛，不適合送進掩埋場和焚化爐處理，另外因玻璃成分為單一成分，幾乎百分之百可再利用，為舉世公認極具可回收再利用潛力的材質，因此如何有效將大量廢玻璃再利用為重要之課題。

回收廢玻璃經由分選、清洗、破碎、去雜質、磁選、風選、篩分等處理程序後，可作為各種再利用用途所需之玻璃再生粒料。玻璃容器與平板玻璃可經由前述處理程序產製為再生粒料，但汽車玻璃中佔比較大的膠合玻璃(應用於汽車前、後擋玻璃)因其有 PVB 夾層，處理上需再經特殊處理才能將兩者分離產製為再生粒料。

依據環保署針對近五年的玻璃容器回收量統計約 21.5 萬噸(有色玻璃約 6~7 萬噸)，國內廢玻璃容器絕大部分仍仰賴玻璃瓶製造業者回收再利用，然而製瓶業者為了控制品質，廢玻璃容器投入窯爐再利用比例僅約 50 %，且其中九成以上屬於透明玻璃容器，其餘有色廢玻璃容器無法有效再生利用。此外，由於製瓶業者產量降低，以及進口玻璃容器商品數量增加等因素，造成回收商及地方政府清潔隊面臨廢玻璃瓶回收後無去化管道之囤積壓力。

將廢玻璃再生粒料應用於瀝青鋪面、地磚、透水磚、面磚及建材已有相當成熟之技術及許多工程案例，然卻較少有將其應用於其它去化量更大的公共工程中，探究其原因，可能係公共工程施工綱要規範之相關篇章並沒有明確指出可使用廢玻璃

再生粒料，致使規劃設計單位及工程主辦機關望之卻步，而相較於工程性質及環境安全性遠不如廢玻璃再生粒料之垃圾焚化底渣再利用產品，卻早已應用於各種公共工程中。

廢玻璃再利用除使廢棄資源能循環再利用外，亦可有效減少天然資源的開採及友善環境。鑑於上述推廣緣由，環保署為使各界瞭解廢玻璃再生粒料之正確使用方法，編訂「廢玻璃再生粒料應用於級配粒料基底層之使用手冊」(簡稱「本手冊」)。本手冊除可作為工程主辦機關、設計及施工單位、營造業等相關產業參考遵循外，亦可提供廢玻璃應用於道路基底層之相關規範，有利於促進永續發展政策之推行及確保公共工程之品質。

二、目的

以廢玻璃再生粒料作為天然粒料之替代材料，能降低天然資源開採及節省工程成本外，同時亦可避免浪費資源。故為有效推廣資源再利用，將廢玻璃再生粒料導入公共工程使用有其必要性。「共通性事業廢棄物管理辦法」與「一般廢棄物清除處理方式」為本手冊之法規依循，而本手冊編撰目的即在於提供工程單位使用廢玻璃再生粒料應用於級配粒料基底層之正確使用方法，以確保工程品質。

三、定義

(一)廢玻璃

本手冊所稱之「廢玻璃」為公告應回收廢棄物之玻璃容器、由家戶或其他產生源產生非屬廢棄物清理法第十八條第一項所稱應回收廢棄物之廢玻璃，如平板玻璃、車用玻璃或事業產生之廢玻璃容器。但依相關法規認定為有害垃圾或有害事業廢棄物者，不適用之。

(二)廢玻璃再生粒料

係指將回收之平板玻璃、容器玻璃或車用玻璃經去除雜質、破碎及去除銳角後，顆粒通過 4 號篩的玻璃砂，用以作為道路級配粒料基底層使用材料。

(三)道路基底層

道路基底層係用於道路鋪面層下之粒料層(路面結構參圖

1.1)，其由符合特定級配之粒料混拌而成，其材料、品質相關規範需符合行政院工程會公布之「第 02722 章級配粒料基層」、「第 02726 章級配粒料底層」之規定。

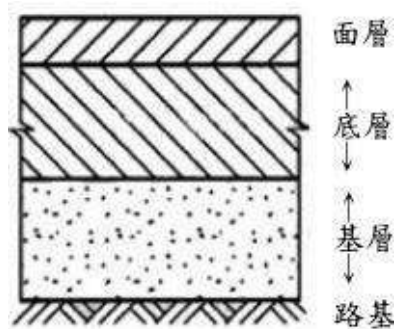


圖 1.1 道路結構剖面示意圖

四、適用範圍

本手冊所規範或建議事項適用於級配粒料基層與底層。除本手冊列述事項外，尚請參照行政院公共工程委員會頒布公共工程施工綱要規範之第 02722 章「級配粒料基層」與第 02726 章「級配粒料底層」規定(詳附錄 1、附錄 2)及 CNS 15305「級配粒料基層、底層及面層用材料」。

1.2 內容架構說明

本手冊內容包含使用廢玻璃再生粒料應用於級配粒料基底層所需資訊，各章節內容架構簡述如下：

一、第二章 廢玻璃再生粒料性質與應用

本章節主要說明國內外廢玻璃再生粒料之推廣使用情形，詳如第二章所述，包含了產出來源、再利用處理技術、基本性質、國內外工程應用途徑及國內廢玻璃再生粒料產量分析等資訊。

二、第三章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層性質驗證

本章節主要說明含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層適用範圍、工程性質及品質要求，詳如第三章所述，其工程性質與天然粒料差異不大，然在使用區域上，應符合環保署「共通性

事業廢棄物管理辦法」與「一般廢棄物清除處理方式」之規定。

三、第四章 廢玻璃再利用機構之生產與管理

本章節主要說明廢玻璃再利用機構在生產廢玻璃再生粒料時，所需具備資格及遵循之規定要求，詳如第四章所述。廢玻璃進廠後處理製程與儲放、及廢玻璃再生粒料之儲放、檢測等作業，應符合「共通性事業廢棄物管理辦法」之附表編號三廢玻璃與「一般廢棄物清除處理方式」之附表七廢玻璃之規定。如為事業廢棄物，另依「以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之申報格式、項目、內容及頻率」規定，應隨車檢附供應品質證明文件，以確保供應品質符合環保與工程性質要求。

四、第五章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層產製及品質檢驗

本章節主要說明含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層從產製及品質檢驗等各階段作業，詳如第五章所述，並宜參照行政院公共工程委員會頒布之公共工程施工網要規範「第 02722 章級配粒料基層」與「第 02726 章級配粒料底層」相關規定辦理。另說明添加廢玻璃再生粒料之使用原則及拌合作業時應注意事項等應用資訊。

五、第六章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層品質管理與注意事項

含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層品質管理與應注意事項如本手冊第六章所述。廢玻璃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，以提升含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層品質。

1.3 手冊使用者導引

本技術手冊可提供予產源單位(地方環保局、再利用機構及供料機關(構))、使用單位(工程單位或其他運用者)等使用含廢玻璃再生粒料之級配粒料基層與底層的參考資料，其中各單位依其職責可優先參考本手冊部分章節。

一、產源單位(地方環保局、再利用機構及供料機關(構))可參照第二

- 章、第四章及第六章內容，訂定產品品質管理及方法。
- 二、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)，於指定使用含廢玻璃再生粒料之級配粒料基層與底層於特定工程前，應已知悉廢玻璃再生粒料各相關事項，故可參考第三章~第六章內容，選定符合規定之廢玻璃再生粒料及管控級配粒料基層與底層施工品質。
- 三、施工廠商及加工再製機構應參照第三章、第五章及第六章內容，採用符合標準的廢玻璃再生粒料應用於級配粒料基層與底層。

第二章 廢玻璃再生粒料性質與應用

2.1 來源

廢玻璃來源主要為玻璃容器、平板玻璃、汽車玻璃等，其中平板玻璃、玻璃容器數量佔絕大多數。依環保署 109 年統計年報之執行機關資源回收成果統計資料顯示，近十年玻璃製品回收量大幅增加，從民國 97 年的 169,428 噸至民國 110 年增加至 447,277 噸，回收量成長 2.6 倍，其中玻璃容器回收量在 110 年為 202,913 噸，玻璃材質不會腐爛，不適合送進掩埋場和焚化爐處理，另外因玻璃成分為單一成分，幾乎百分之百可再利用。

目前國內玻璃製造商使用的回收玻璃量約占其使用原料約 50%，其中約 40%以上屬於透明容器玻璃，有色玻璃廢料再利用數量較少，有色玻璃近年回收量約為 6~7 萬噸，而車用玻璃包含膠合玻璃和強化玻璃，回收量約 400 噸。

2.2 處理技術

環保署於 1997 年將廢容器公告為「應回收清除、處理之一般廢棄物」，而回收玻璃要能發揮最大效用，是玻璃需要分類、分色後才能夠發揮最大的回收效能。若一開始沒有進行顏色的分類，則將會影響之後的回收與再利用的價值。而最適合回收的玻璃種類就是廢玻璃容器類，主要的原因為廢玻璃容器在成份上與回收來的玻璃並沒有明顯的差異，只是要區分不同顏色的玻璃，一般分為綠色、茶色及透明無色及雜色等 4 大類。一般玻璃容器的處理會進行破碎、分選、粉碎、分選、造粒，最後再製成再生產品，其如圖 2.1 所示。

回收廢玻璃經由分選、清洗、破碎、去雜質、磁選、風選、篩分等處理程序後，可作為各種再利用用途所需之玻璃再生粒料。玻璃容器與平板玻璃可經由前述處理程序產製為再生粒料，但汽車玻璃中佔比較大的膠合玻璃(應用於汽車前、後擋玻璃)因其有 PVB 夾層，處理上需再經特殊處理才能將兩者分離產製為再生粒料。故各類回收玻璃在再利用技術上是皆可有效處理的。

圖 2.1 廢玻璃容器回收處理流程^[2.1]

2.3 基本性質

廢玻璃再生粒料雖其性質單一且其與天然粒料相似，然仍略有差異，以下針對廢玻璃再生粒料之物理性質及化學性質進行說明。

一、物理性質

玻璃砂屬硬度高耐壓性強，但其韌性極差抗剪力性也弱，其有透明性、折射性、且在高溫時具有可塑性，常溫時物理穩定性等優點。相較天然粒料而言廢玻璃再生粒料之物理性質如表 2.1 所示，各項物理性質之試驗結果如雜質率範圍約為 0~2.65% 之間雜質含量皆不高，比重範圍約為 2.45~2.49 之間，吸水率約 0.29%~0.44% 之間，可看出廢玻璃再生粒料的基本性質天然砂相近。

表 2.1 玻璃砂再生粒料物理性質^{[2.2][2.3][2.4]}

試驗項目	試驗方法	試驗值
雜質率(%)	海事工程所需之磚石填料粒徑及雜質檢測方法(NIEA R223.00C)	0.0~2.7
細度模數	CNS486 粗細粒料篩析法	3.4~4.0
比重	CNS 487 細粒料比重與吸水率	2.45~2.49
吸水率(%)	試驗法	0.29~0.44

二、化學性質

廢玻璃再生粒料化學成份如表 2.2 所示，由表中可看出廢玻璃再生粒料成分佔比最多的為 SiO_2 ，其比例約佔 64~73 %，與石英砂之主要成份相近，因此以廢玻璃再生粒料取代部分天然細粒料應具相容性。

表 2.2 廢玻璃再生粒料化學成分分析(%)^[2.5]

成分	廢玻璃再生粒料	石英砂
SiO_2	60~75	76.42
CaO	5~15	0.72
Al_2O_3	0~5	14.32
Na_2O	10~20	--
MgO	0~5	0.44
K_2O	0~5	4.12

依據環保署 NIEA R201.15C 程序進行試驗，配合「有害事業廢棄物認定標準^[2.6]」附表四之毒性特性溶出程序(Toxicity characteristic leaching procedure，以下簡稱 TCLP)溶出標準所訂程序，利用整體重金屬含量作為評估依據。表 2.3 為廢玻璃再生粒料進行試驗後之各金屬總量含量範圍，大部分元素含量皆低於試驗方法的偵測極限值，故其重金屬毒性溶出含量結果皆符合規定需求。

表 2.3 TCLP 試驗標準及結果表(NIEA R201.15C)^[2.6]

標準值	標準值	廢玻璃再生粒料
總汞	≤ 0.2	ND
總鎘	≤ 1.0	ND
總硒	≤ 1.0	ND

標準值	標準值	廢玻璃再生粒料
六價鉻	≤ 2.5	ND
總鉛	≤ 5.0	ND~0.32
總鉻	≤ 5.0	ND
總砷	≤ 5.0	ND
總銅	≤ 15.0	ND~0.172
總鋇	≤ 100.0	ND~0.013

*(1)當試驗值低於方法偵測極限值時以 ND 表示。(2)單位:毫克/公升 (mg/L)

2.4 國內外公共工程之方式與案例蒐集

廢玻璃再利用處理技術近年來已相當成熟，國外在使用上亦相當普遍，其廣泛運用於道路粒料、行道磚、混凝土粒料、隔音牆、混凝土建材等，本節整理美國、加拿大、澳洲及日本用途與目前國內可能使用途徑說明如下：

一、美國

美國各州應用資源化材料相當普及，但廢玻璃於工程中主要為應用於借土坑、基底層之砂礫石或瀝青混凝土中。其應用於道路瀝青混凝土之指導方針為經過破碎與篩選之廢玻璃可當作細粒料之一部份，應用在瀝青鋪面，根據實際經驗於熱攪拌瀝青鋪面時，摻入 10 %~15 %之碎玻璃已獲得滿意之成效。

如麻薩諸賽州將廢玻璃應用於借土坑、基底層之砂礫石或瀝青混凝土中，其中廢玻璃的最大粒徑為 10 mm，佔細粒料之比例約為 10 %；新澤西州應用廢玻璃於瀝青混凝土時，最大粒徑為 9.5 mm，佔細粒料比例約為 10 %；紐約應用於路堤、基底層之廢玻璃的最大粒徑為 10 mm，佔細粒料之比例約為 10 %。附著於玻璃外部之異物應不能超過 5 %，以免對玻璃品質造成不良之影響。若超過 15 %之廢玻璃含量，會使瀝青油泥膠結料剝落而變質。在基層或下方混合層可允許使用 25 %之廢玻璃。

美國聯邦公路總署(Federal Highway Administration, FHWA)^[2.7]亦有針對玻璃粒料使用於瀝青鋪面的相關使用指南(User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement

Construction, 2016), 主要是將經過粉碎和篩分的廢玻璃, 作為瀝青混凝土細粒料的一部分, 其混合比例約 5 %至 10 %。其使用前須進行清洗, 當用於瀝青混凝土時, 玻璃加工必須包括去除金屬、塑膠與紙張。在大多數廢玻璃處理廠中, 這需要經過篩選、磁性(金屬)分離或手工挑選等。雖然不可能完全去除此些雜值, 但在大多數情況下可以達成可接受的標準; 清洗後須進行破碎與篩分, 以便消除扁平或細長等銳角較大的粒料。採用玻璃砂粒料的工程屬性, 在級配上瀝青鋪面中使用廢玻璃粒料應加工成細粒料尺寸小於 4.75 mm(4 號篩), 並與傳統粒料混合, 以符合 AASHTO T27 的等級要求。較大的粒料範圍為 9.5 mm 至 15.3 mm(3/8 至 5/8 英吋), 適合用於基層混合料; 在比重上, 由於玻璃料料比傳統粒料低約 5 %至 10 %, 故每噸的瀝青混凝土體積會更大。混合後的瀝青混凝土須按照 AASHTO T168 採樣, 再按照 ASTM D2726 測試比重與 ASTM D2950 測試現地密度。

另外聯邦公路總署亦有針對級配粒料基層(Granular Base)應用廢玻璃再生粒料有相關之規範規定^[2.7], 其經粉碎和篩選後的廢玻璃具有作為級配粒料基層的潛力。由於粉碎後的棱角特性, 已降低到細粒料尺寸(小於 4.75 mm (4 號篩))的玻璃表現出與細粒料相似的特性, 具有相對較高的穩定性, 但使用上通常需要與其他粗粒料混合以滿足所需的級配規格。廢玻璃在使用前應進行粉碎和篩選, 以生產沒有銳角和玻璃碎片的材料, 並且符合 AASHTO M29 所要求的細細粒料材料的要求。有關廢玻璃的雜質要求, 其不含黑色金屬和有色金屬, 並且應盡可能減少無機和有機雜質的含量, 規範建議雜質含量限制在 5 %以下。其工程特性在單位重約為 1,120 kg/m³; 而其壓實密度會受其尺寸與潔淨程度(外來碎屑、塑料蓋等)而改變, 其最大乾密度約 1,800~1,900 kg/m³; 廢玻璃內摩擦角較天然粒料較高(約大 50 度); 廢玻璃為自然排水材料, 其滲透率約為 10⁻¹~10⁻² mm/s, 取決於玻璃的等級。針對施工中之儲存、運送、鋪設、壓實與品質控制, 除需在使用時與天然粒料均勻混合外, 其餘皆參照天然級配粒料之相關規定辦理。

二、加拿大

加拿大蒙特婁省修女島(Nun's Island)所興建的達爾文橋(Darwin bridge, 如圖 2.2 所示)預計於 2021 年完工, 該橋使用研磨至一微米左右的玻璃粉替代新建橋梁 10 % 的水泥用量, 所用的玻璃粉來源為 7 萬個葡萄酒瓶, 使用玻璃粉可減少生產橋梁所需混凝土所消耗的能源, 減少 40 噸的二氧化碳排放量^[2.8]。使用玻璃粉代替部分水泥, 使混凝土更不透水、更耐久、更耐用。故可使預期壽命從 75 年增加到 125 年。



圖 2.2 加拿大蒙特婁省修女島達爾文橋^[2.8]

三、日本

日本為了滿足節省能源資源及垃圾減量, 玻璃碎片用途之開發是未來社會之所需, 近年來玻璃碎片應用於鋪面材料上, 已有大幅增加之趨勢。廢玻璃資源化材料之新方向與用途依據其使用量大小及附加價值之高低, 建議可行之方向及用途依序如下:

(一)作為土木材料^[2.17]

在日本已成功的將玻璃加到瀝青混凝土中用來鋪設路面、人行步道, 利用玻璃的光澤或色彩已提高行車安全或增進美觀, 並有止滑效果。另外也可替代粗粒料作為路面底層或路基之瀝青混凝土填充材, 以及加入水泥混凝土中替代砂石而製成預鑄製品, 如圖 2.3 所示。



圖 2.3 預鑄水溝蓋中加入廢玻璃(含量佔粒料之 54.4 %)^[2.9]

(二)作為地磚及景觀材料^[2.17]

將廢玻璃粒料和環氧樹脂混合即可製得，該產品可因玻璃之光澤與色澤而增加美觀。目前在日本已成功的將碎玻璃磨成粉末而添加在磁磚、塊磚中或用來製造輕量粒料。另外也可將回收玻璃瓶熔化再作成人工大理石及景觀石。

(三)作為營建用超輕量粒料^[2.17]

高強度輕量粒料係以玻璃為主要成分，表面有一層耐鹼保護層，具有耐久、耐水、耐熱及低吸水率等優點。粒料中有很多獨立之氣泡空間，固質輕及耐熱性好，抗壓強度亦佳。

(四)作為道路鋪面材料^[2.17]

於實務應用下，一般廢玻璃瀝青施工法多為表層工，少部分為上層面盤及基層工。在玻璃砂粒徑方面，則是以 0.0~5.0 mm 佔大部分。至於施工厚度方面，依據統計資料顯示施工厚度以 5.0 cm 為主。而玻璃砂摻入比例方面，以替代細粒料之 5.0~10.0 %者佔多數。

於材質方面，一般而言，雜色玻璃附加價值較低，無色及青色玻璃因可作為景觀材料，而具有較高之附加價值。廢玻璃工程鋪面應用之研究有下列幾種：

1.應用於鋪面之路基材料

玻璃碎片使用作為鋪面路基材料上之實際案例，在日本國內及國外有逐年增加趨勢。其中大多應用於社區內道路重要路段之十字路口，部份為實驗性之施工方式，惟有關於將廢玻璃作為鋪面材料其耐久性、經濟性、施工性等問題之評

析為今後一個課題。然而依經驗顯示，與當作表層用粒料相比較，玻璃碎片擁有再生利用性以及不易與瀝青剝離等特性，故此未來仍具競爭性。在日本社區或道路鋪面試驗施工成果報告中，玻璃碎片與粒料之比例為 50:50 用於路基上，與一般路基材料具有相同之耐久性。

2. 應用於鋪面之表層用粒料

將玻璃碎片加入瀝青中混合時，由於玻璃碎片具有反射特性，因此常用作於表層施工，而且會提高駕駛及行人視覺上之安全。另外在夜間道路及照明較缺乏之山間道路或視線較差之十字路口，為了提高安全，並配合道路景觀設計，常用於此類鋪面。

玻璃碎片粒料剝離抵抗性不佳，因此在使用上要特別注意，在靜態剝離試驗中超過 50% 以上時要注意，必要時添加剝離防範劑，其玻璃含有率大時，其剝離抵抗性較小，剝離抵抗性依瀝青混合物、玻璃碎片種類及其粒徑而定，一般以 10 % (佔細粒料) 為上限，若超過此限值，或加入大量玻璃碎片時，則恐無法滿足瀝青混合物所要達到之基準，如圖 2.4 所示。



圖 2.4 日本廢玻璃工程鋪面實景^[2.9]

3. 應用於樹脂系鋪面之表層用粒料^[2.17]

使用含玻璃碎片之樹脂系混合物(粒料的一部份或全部是利用廢玻璃碎片所製成高分子聚合物系鋪面材料)，用於人行道鋪面時之設計和施工，如圖 2.5 所示。



圖 2.5 應用於樹脂系鋪面的表層用粒料^[2.9]

針對環境安全性基準與試驗方法是使用高分子聚合物等材料亦採同樣之標準。其品質基準與試驗方式利用玻璃碎片作為高分子聚合物鋪面材之品質基準，隨道路種類有所不同，原則上可參照瀝青鋪面要領(「人行道高分子聚合物鋪面材料：推荐規格及施工要領」，1993 年，高分子聚合物鋪面材料協會)，所訂定之品質規格基準。另外使用高分子聚合物等材料亦要符合日本國家標準所定之品質規格。

(五)作為磚用粒料^[2.17]

其試驗評價方法是利用玻璃碎片作為磚用粒料之品質基準可參考社團法人鋪面技術協會發行之磚材鋪面設計施工要領(車道編，1994 年 5 月)之標準。

設計上，利用玻璃碎片進行磚材鋪面設計，其步驟與普通磚塊相同；施工上玻璃磚材施工法亦與普通磚塊相同；磚本身若無破損時，可重複再利用，此外透水性磚之透水性能降低時，可用高壓水加以清洗，破損磚材可將其破碎後，再作為磚塊材料或路盤材混合使用亦可。

玻璃碎片與水泥附著性不佳，為了達到磚塊成品規格要求時，玻璃碎片使用量應受限制，或限制高分子聚合物使用，使用高分子聚合物混凝土時，較普通磚塊製造費用要高。玻璃鋪面在表面時，具反光特性，因此可以自行製作喜歡的顏色圖案，

但為確保行人之安全，須留意玻璃碎片是否已經去除銳角。

一般來說，磚用粒料可應用於瓷磚作為牆壁、地板上之商品，目前多將其應用在高樓住宅屋外牆之美化；而應用於地磚上，大多數用於大規模建築四周地板鋪面，或公園鋪成大區域之面積，如圖 2.6 所示。



圖 2.6 廢玻璃再利用於地磚之實景^[2,10]

四、澳洲

澳洲於新南威爾斯省的洛克哈特郡(Lockhart Shire)亦開發技術將廢玻璃再生粒料與天然粒料混合，做為道路級配粒料底層使用。該郡需維護 850 公里的礫石鋪面道路與 410 公里的瀝青鋪面道路，每年使用天然粒料(來自採石廠)約 45,000 立方公尺。故其可使採石廠能延長 5~7 年的開採時間，亦能去化回收處理廠廢玻璃的庫存量，且能增加底層與瀝青混凝土結合的強度。於實際使用前，該郡進行了 1 公里道路的試驗，並以 1:6 的比例添加廢玻璃再生粒料於級配粒料底層中，後續使用上其效能良好，且無不良之影響。自 2018 年 1 月至 2019 年 5 月，於道路級配粒料底層共使用了約 5,000 噸廢玻璃再生粒料，如圖 2.7 所示。



圖 2.7 澳洲新南威爾斯省洛克哈特郡應用廢玻璃於道路底層鋪設^[2.11]

五、台灣

玻璃之應用廣泛種類繁多，經適當分類後，回收玻璃也能再度回到生產線源頭作為新玻璃之原料之一，再製成新的玻璃產品，這也是目前處理之主要方式之一。除了回收再製成同樣的玻璃容器外，回收玻璃也能用在非常多領域，目前再利用相關領域，如表 2.4 所示。將混凝土、鋪路等與土木工程相關的回收廢玻璃應用用途，可依其材料使用量大小及附加價值之高低做不同之運用，其可利用途徑如下：

表 2.4 國內再利用相關領域^[2.12]

分類	資源化用途
玻璃原料	工藝品、玻璃珠、反光粒、平板玻璃
建材相關	粒料、流理臺、門版、玻璃磚、玻璃馬賽克、複合塑膠、瓦片、窗、牆版、石材、屋頂塗料、砌磚塗料
土木相關	添加劑、骨材、排水渠道骨材、路面填補(包含控制性低強度回填材料)、掩埋場覆蓋、垃圾滲出水過濾系統、溝渠填充
工業使用	磨料、噴沙、鋼鐵生產
絕緣應用	絕緣玻璃纖維、保溫發泡玻璃
鋪路相關	鋪路骨材、瀝青、鋪路磚(包含透水性混凝土磚)、級配料基底層、低密度再生透水混凝土
植物生長	農業肥料、水栽用培養基
環境工程	氣體處理、化糞池處理系統、污水過濾器、淨水器、過濾器
民生相關	成衣服裝、首飾珠寶、餐具
其他	沙灘用砂、陶瓷釉料、沙礫地版、填充料、流填料、美化環境

(一)重新熔解製作玻璃產品^[2.16]

玻璃具生態性，只要能徹底做好分色與分類工作，廢玻璃可百分之百作為玻璃再生原料，同時可節省大量能源消耗，此項利用也最為符合環保應用。為提高此項利用績效，可藉由「回收玻璃再生品」環保標章，以激勵玻璃製造業者提高再生料之使用比例。

(二)景觀步道及商標圖案材料^[2.16]

廢玻璃應用於作商標圖案及景觀材料，係以回收、分類及破碎篩選之彩色廢玻璃具有之色澤(藍色、茶色、綠色、黑色、透明色等)，並配合工程景觀需求，設計成適宜生動活潑之圖案，以水泥或環氧樹脂(Epoxy)作為黏結料，將彩色玻璃顆粒與砂石料、色料、石粉及海菜粉(作用為增加黏結性)依適當比例拌合而成，並鋪築於景觀地點(如公園、人行步道、停車場或廣場等地)商店門口。所使用之彩色廢玻璃顆粒依規定須做到「去除銳角」之要求(以手觸摸，不會有刮傷)。如圖 2.8 為廢玻璃再利用做為景觀佈道及商標圖案材料。

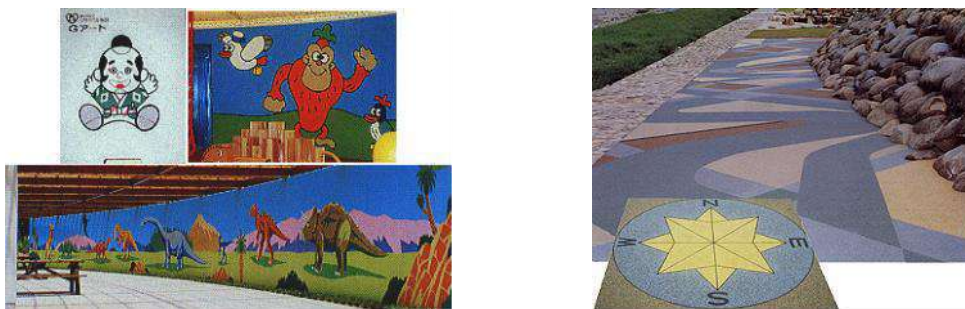


圖 2.8 廢玻璃再利用做為景觀步道及商標圖案材料

(三)作為道路材料^[2.13]

玻璃瀝青路面具有止滑效果，可增加雨天行車安全；另因玻璃具有反光之特性，夜間行車在燈光照射下，使得路面閃閃發亮，可提高駕駛人注意力，促進夜間駕駛安全。廢玻璃物理性質與砂石極為接近，不僅可應用在道路瀝青路面，亦可應用在道路底層、基層或作為填方材料。在廢玻璃應用於道路工程

方面，應視為廢玻璃回收處理程度，依序由瀝青面層、底層、路基基層、添填方料應用，以充分利用材料性質。國內曾於雲林與臺北市道路進行試鋪，以確認其可行性，如圖 2.9、圖 2.10 所示。



圖 2.9 玻璃瀝青混凝土路面試鋪
(雲林 156 縣道)^[2.13]



圖 2.10 玻璃瀝青混凝土路面試
鋪(雲林 158 縣道)^[2.13]

(四)作為地磚材料^[2.16]

玻璃可用來製造景觀石；即把玻璃粒料和環氧樹脂混合即可製得，該產品可因玻璃之光澤與色澤而增加美麗。國內佳龍科技股份有限公司則將玻璃纖維樹脂再資源化，應用於人造大理石板材、人造大理石地磚、圍牆磚、文化石、百歲磚、空心磚；國內俊行記實業股份有限公司將廢玻璃均勻的與磚坯原料混合，製作成紅磚，而廢玻璃可提高紅磚之抗壓強度。玻璃細砂與磚坯原料之黏土分子均勻混合，再超過 600 °C 時，玻璃分子遇高溫而熔化與黏土分子緊密結合，且填滿水分子之孔隙，可強化紅磚之抗壓強度並降低吸水性。圖 2.11 為廢玻璃再利用作為地磚材料實景。依據業者對玻璃量造成產品特性影響測試得知，玻璃的添加量越多，則抗壓強度也將隨之增加，但吸水率並不受到影響。

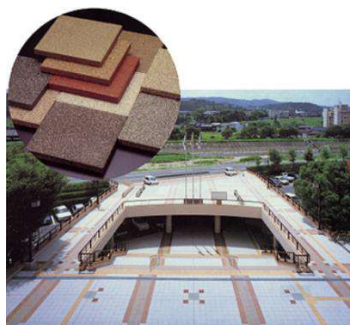


圖 2.11 廢玻璃再利用作為地磚材料實景

(五)作為混凝土材料^[2.16]

混凝土最主要優點就是抗壓强度高，而玻璃硬度又比一般砂石料高，因此，以玻璃取代部份砂石料所拌合之混凝土試體抗壓強度及抗磨損率均比一般混凝土優異。而將廢玻璃作為混凝土替代粒料之類似試驗，國內於民國 88 年時已進行，其依 ASTM C136(粗細粒料篩分析)進行玻璃篩分析，以作為替代粗粒料用。經篩分選後之玻璃粒料分別以 0 %、10 %、20 %及 30 %取代粗粒料。

(六)作為排水濾層材料^[2.16]

破碎後之玻璃料具有高透水性，以尼龍砂網包裹玻璃顆粒作為邊坡或擋土牆排水濾層，可降低孔隙水壓，提高構造物穩定與安全；亦可應用於「排水砂樁」中取代「砂」，以達到改良土壤之目的。

(七)作保水透水磚^[2.16]

保水透水磚適用於各人行步道、公園、綠地、停車場、苗圃及游泳池設施等鋪設磚。其製造乃採用 95 %再生資源加工、清洗、篩選、乾燥之適用粘度等配比，再添加適當燒結劑或粘結劑，調和均勻後，以定量原料置入模具內，並用高頻率震動及加壓一體成型，經養護製成。保水透水磚之保水特性在 12 %以上，因而使地面夏天涼爽、冬天暖活、雨季透水，促進了大地循環作用，更提升居住的舒適度；其孔隙率約為 32 %亦能達到高標準之抗折強度和非常容易清洗。圖 2.12 為添加廢玻璃之透水人行磚。



圖 2.12 添加廢玻璃之透水人行磚^{[2.14][2.15]}

(八)替代部分水泥原料^[2.16]

目前尚無實際使用於水泥原料產製上，但相關研究結論說明以實廠實驗結果可知，以玻璃砂添加量(千分之一至三)於實驗過程中並未造成預熱機堵料現象，亦不影響製程之後續運轉。添加玻璃砂對水泥成品與半成品之游離石灰值均不造成影響，但主要取決於熟成階段水泥窯之溫度控制。玻璃砂內含之氧化鈉、鉀(Na_2O 、 K_2O)將使水泥成品之鹼度值略為上昇，其影響概略為添加量每增加千分之一則鹼度上昇 0.1 %。原廠水泥窯內部長期之『鹼硫平衡』因鹼度值上昇而變動，經試驗後，以千分之二添加量可再度達成平衡，為此研究建議的目前最佳添加量。試驗結果，玻璃砂之添加對水泥成品之正常稠度需水量、凝結時間、細度等性能均不造成影響。

(九)作為隔間材料^[2.17]

高壓蒸氣養護輕質氣泡混凝土(Autoclaved Lightweight Aerated Concrete, 簡稱 ALC)可作為隔間材料，主要成分為石英砂、水泥、飛灰、生石灰等，文獻^[2.17]指出可使用 10~15 %回收玻璃砂取代石英砂，各項性能試驗結果顯示，其平均強度分別為 39.9 kgf/cm^2 及 38.9 kgf/cm^2 ，可達 G2 等級，隔熱部分其各組平均熱傳導係數在 $0.134\sim 0.140 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ 之間，遠小於一般常見紅磚或混凝土材料；耐燃部分，使用高溫火焰噴燒，表面雖有部分火燒紋路，但無引起連續性燃燒或是熔化破裂變形情況，另火焰噴燒期間也無產生任何氣體，符合耐燃一級建材要求，達混凝土不燃材料等級；隔音部分其各組隔音能力達 $\text{Rw}45$ 及

Rw44，達到旅館或醫院等需考量隔音建築物要求之分間牆需求。綜整試驗結果顯示，ALC 製品性質會隨回收玻璃添加量增加，微幅降低其材料性質與增加變異性，推測主要因為回收玻璃成分中二氧矽(SiO_2)含量較天然矽質低，但整體製品的表現仍可符合各項性能要求。

2.5 參考文獻

- [2.1]廢玻璃容器回收處理流程廢玻璃容器回收處理流程，
<https://epb2.tnepb.gov.tw/recycle/upload/20181123171815.pdf>，
2022。
- [2.2]行政院環境保護署，「海事工程所需之磚石填料粒徑及雜質檢測方法(NIEA R223.00C)」，2022。
- [2.3]中國國家標準，CNS 486「粗細粒料篩析法」，2021.12。
- [2.4]中國國家標準，CNS 487「細粒料比重與吸水率試驗法」，2019。
- [2.5]United States Patent，"HIGH TRANSMITTANCE GLASS Patent No. US 8,664,132 B2"，2014。
- [2.6]行政院環境保護署，「事業廢棄物毒性特性溶」，2017。
- [2.7]User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction—WASTE GLASS，<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/97148/070.cfm>，
2016。
- [2.8]Montreal using recycled wine bottles to replace Darwin bridge on Nuns' Island，<https://www.cbc.ca/news/canada/montreal/darwin-bridge-montreal-glass-crushed-cement-1.5762667>，2016。
- [2.9]日本前田道路株式會社，「廢玻璃再利用道路鋪面」，1995。
- [2.10]道路鋪面用材料利用委員會，「玻璃瓶再利用鋪面公式試驗鋪面報告書概要、玻璃碎片」，1999。
- [2.11] Lockhart Shire Council, "Using Recycle Glass in Road Base"，2019。
- [2.12] 吳政育，「以淨水污泥灰及廢玻璃為矽鋁源合成 MCM-41 並應用於重鉻酸鹽吸附之研究」，碩士論文，國立中央大學，2015。
- [2.13] 交通部，「廢棄資源物再利用於公路工程規範草案之研究」，

2009.01。

[2.14] 甲盟實業有限公司，<http://www.champmon.com.tw/G-2.htm>，2022。

[2.15] 尚美實業股份有限公司，<https://www.sm133.com.tw/>，2022。

[2.16] 張添晉等，「廢玻璃再利用技術之開發與應用」，2003.12。

[2.17] 行政院環境保護署，「回收玻璃應用於蒸壓加氣輕隔間建材之製程驗證」，2020.11。

第三章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層性質驗證

3.1 基層及底層適用範圍

基層係指建於路基上，面層或底層下的一層結構，提高鋪面結構強度，並使鋪面承載均勻分佈，提供鋪面結構底層及面層施築時的平台，減少鋪面結構過度變形，作為面層或底層的基礎。此層有時可省略，惟在路床軟弱或有嚴重冰凍作用地區，最好能加建此層以降低鋪面結構受霜凍作用，以及路床單位荷重強度。分層滾壓時粒料級配夯實要求，達到最大乾密度的 95 % 以上，基層頂平整度在 1.5 公分以內。

底層係指建於路基或基層上，面層下的一層結構，提高鋪面結構強度，補助面層承載均勻分佈，提供面層施築時的平台，減少鋪面結構過度變形，並可抵抗毛細管及冰凍作用，作為面層的基礎。分層滾壓時粒料級配夯實要求，達到最大乾密度的 95 % 以上，底層頂平整度在 1.0 公分以內。

使用廢玻璃再生粒料作為全部或部分級配粒料時，應用於新建、養護道路或施工便道工程之基底層時，其級配粒料品質除符合工程主辦機關之規定外，亦應符合行政院工程會公布之「第 02722 章級配粒料基層」、「第 02726 章級配粒料底層」施工綱要規範之要求。

3.2 廢玻璃再生粒料應用於基層及底層之工程性質

廢玻璃再生粒料依據「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」^[3.1]及「一般廢棄物清除處理方式」^[3.2]公告規定，可用於多項工程用途，如：鋪面工程之基層或底層級配粒料原料，且依據施工綱要規範 02722 章^[3.3]及 02726 章^[3.4]中應用於基底層其主要工程性質有磨損率、健度值、加州載重比、含砂當量及 C.B.R 值等。

本節針對廢玻璃再生粒料應用基層及底層之性質，驗證廢玻璃再生粒料之液性限度試驗、塑性指數試驗、加州承載比試驗、含砂當量試驗、健度試驗及洛杉磯磨損試驗等工程性質，說明廢玻璃再生粒料應用基層及底層之適用性。

一、級配要求

級配粒料基層所規定之材料應採用天然級配粒料、再生級配粒料

或其他混合料；級配粒料底層所規定之材料應採用天然級配粒料、水泥、再生級配粒料或其他混合料。

依據施工綱要規範第 02722 章之規定，級配粒料基層依照級配粒料篩分析之規定分為四類型；依據施工綱要規範第 02726 章之規定，級配粒料底層依照級配粒料篩分析之規定分為三類型。各類主要係依據其粒徑分佈之情形，當粒徑分佈較均勻時，其他性質之規定則較少，則會規定如 C.B.R 值、含砂當量、塑性指數等，各種分類在應用上並無差異。

由文獻^[3.3]試驗結果可知，國內 6 種廢玻璃再生粒料篩分析結果可直接符合第三類型基層級配粒料規定的 C 型以及第四類型基層級配粒料規定(如表 3.1 所示)，若應用於底層時，則無法直接以 100 %廢玻璃再生粒料符合底層級配之規定，必須添加其他粒徑之粒料進行級配組合，由於國內廢玻璃再生粒料的粒徑大多介於#4~#30 之間，為了使廢玻璃再生粒料使用量較高，可選擇通過#4 比例較高且通過#30 較少之類型，其中以第二類型可添加廢玻璃再生粒料之比例較高，故可添加 20 %六分石、20 %三分石以及 10 % #30 號篩以下細粒料，並使用 50 %之玻璃砂以達到第二類級配規定，混拌後之級配如表 3.2 所示，可符合第二類型底層級配規定，實際摻配比例仍需視所用廢玻璃再生粒料之級配現況加以調整。

表 3.1 基層級配規定及廢玻璃再生粒料級配範圍^{[3.3] [3.4]}

試驗篩(mm)	通過方孔試驗篩之重量百分率(%)		
	第三類C型	第四類型	廢玻璃再生粒料
100.0(4in)	-	100	100~100
75.0(3in)	100	-	100~100
63.0(2 1/2in)	90~100	-	100~100
4.75(NO.4)	50~100	25~100	95~100
0.075(NO.200)	0~30	0~25	1~3

表 3.2 底層級配規定及 100%廢玻璃再生粒料與混料級配範圍^{[3.3] [3.5]}

試驗篩(mm)	第二類篩分析過篩率(%)			
	容許級配範圍	誤差許可值	100%廢玻璃	混料廢玻璃
50.0 (2in)	100	-2	100~100	100~100

試驗篩(mm)	第二類篩分析過篩率(%)			
	容許級配範圍	誤差許可值	100%廢玻璃	混料廢玻璃
37.5 (1 1/2 in)	95~100	-5	100~100	100~100
19.0 (3/4 in)	70~92	±8	100~100	91~97
9.5 (3/8in)	50~70	±8	100~100	65~69
4.75 (No.4)	35~55	±8	95~100	49~55
0.60 (No.30)	12~25	±5	7~21	9~17

二、加州承載比

C.B.R 值為貫入桿貫入土壤的應力與貫入標準碎石的應力之比，乃是直接判定土壤承載力之方法，亦經常被使用於檢驗路堤填土品質之快速試驗法。在第三類型基層級配粒料之規定的 C 型中必須通過之驗證中包含，加州載重比(C.B.R)試驗最少不得低於 10%，第四類型基層級配粒料中則無針對此項目進行品質規定；底層第二類型之品質規定進行各項品質規定必須符合加州載重比(C.B.R)試驗最少不得低於 80%。文獻^[3.3]依據 CNS12382「夯實土樣加州載重比試驗法」^[3.6]進行試驗，試驗結果顯示 100%廢玻璃再生粒料及混料後之再生粒料 95 %最佳乾密度所對應之 C.B.R 值約在 126~187 %之間及 203~249 %之間，可符合基層及底層之規定。

三、含砂當量值

在第三類型基層級配粒料之規定的 C 型中必須通過之驗證中包含含砂當量試驗最少不得低於 20%，第四類型基層級配粒料中則無針對此項目進行品質規定；底層第二類型之品質規定進行各項品質規定必須符合含砂當量試驗最少不得低於 35%。文獻^[3.3]依據 CNS 15346「土壤及細粒料之含砂當量試驗法」^[3.7]進行試驗，試驗結果顯示 100%廢玻璃再生粒料及混料後之再生粒料之含砂當量值分別為 70~94%及 87~97%之間，可符合基層及底層之規定。

四、塑性限度及液性限度

阿太堡是指土壤的各個結持度階段間的分界點含水量，其中分為液性限度及塑性限度兩個項目進行試驗。液限(liquid limit，縮寫 LL)，是土壤呈液態流動的最低含水量，它是黏滯結合度與塑性結合度的分界點含水量，將土壤從固態轉換成半固態時之含水量以百分比表示，定義為縮性限度(shrinkage limit)。土壤從半固態轉換成塑態時之含水

量定義為塑性限度，而從塑態轉換成液態則定義為液性限度(liquid limit)，這些參數總稱為阿太堡限度(Atterberg limits)。

在第三類型基層級配粒料之規定的 C 型中必須通過之驗證中未針對阿太堡性質進行驗證，但第四類型基層級配粒料中在粒徑 0.425 mm 以下之細粒料必須進行阿太堡試驗，其中液性限度結果不得大於 25%、塑性限度不得大於 6%；底層第二類型之品質規定液性限度必須小於 25%且無塑性限度。文獻^[3.3]依據 CNS 5088「土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法」^[3.8]進行試驗，試驗結果顯示 100%廢玻璃再生粒料及混料後之再生粒料的試驗值皆為 0%，即表示其不具可塑及膨脹潛能，有良好之體積穩定性，同時也符合基層及底層中針對阿太堡塑性指數及液性限度之要求。

五、健度值

健度試驗主要目的為測定粒料受到各種風化作用如凍融循環、乾濕循環、溫度變化以及具侵蝕性的水侵襲時抵抗顆粒分解之能力。文獻^[3.3]依據 CNS 1167「使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法」^[3.9]進行試驗，廢玻璃再生粒料在經過硫酸鈉健度試驗後，其重量損失皆為 0%，符合底層之要求其重量損失不得大於 12%，或硫酸鎂健度試驗法試驗，試驗結果其重量損失不得大於 18%之規定。

六、洛杉磯磨損率

洛杉磯磨損試驗主要目的為測定粗粒料之抗磨損能力，由於本手冊所使用的廢玻璃再生粒料皆為通過 4 號篩(4.75 mm)的細粒料，故不需要進行洛杉磯磨損試驗，但若有混合其他較大粒徑之粗粒料時，則需針對其粗粒料進行洛杉磯磨損試驗。

3.3 品質要求

- 一、廢玻璃再生粒料應符合行政院環境保護署「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」或「一般廢棄物清除處理方式」之品質要求。
- 二、廢玻璃再生粒料應用於級配粒料基層時，其材料性質應符合第 02722 章「級配粒料基層」之規定，應用於級配粒料底層時，其材料性質應符合第 02726 章「級配粒料底層」之規定，且廢玻璃再生粒料之粒徑應小於 4 號篩。

三、再生粒料供應商於工程進行前，應提送相關供料計畫書，內容陳述該供應再生粒料之品管作業、建議供料稽核方式及相關試驗方法等，經使用單位審查核可後方可供料。

四、現地壓實度、頂面平整度許可差及厚度許可差應符合設計圖說或特訂條款之規定。

3.4 參考文獻

- [3.1]行政院環境保護署，「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」，2022.02。
- [3.2]行政院環境保護署，「一般廢棄物清除處理方式」，2021.02。
- [3.3]行政院環境保護署，「推動廢玻璃再生粒料用於公共工程性質驗證及其應用」，2022.11。
- [3.4]公共工程施工綱要規範，「第 02722 章級配粒料基層」，2018.12。
- [3.5]公共工程施工綱要規範，「第 02726 章級配粒料底層」，2018.12。
- [3.6]中華民國國家標準，CNS 12382「夯實土樣加州載重比試驗法」，2018.05。
- [3.7]中華民國國家標準，CNS 15346「土壤及細粒料之含砂當量試驗法」，2021.12。
- [3.8]中華民國國家標準，CNS 5088「土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法」，2021.12。
- [3.9]中華民國國家標準，CNS 1167「使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法」，2018.05。

第四章 廢玻璃再利用機構之生產與管理

4.1 廢玻璃再利用機構

廢玻璃再利用機構，係為處理符合公告再利用用途之機構，依「共通性事業廢棄物管理辦法」之附表編號三廢玻璃與「一般廢棄物清除處理方式」之附表七廢玻璃規定，應為依法辦理工廠登記或符合免辦理登記規定之工廠，且應為相同種類之合法事業廢棄物再利用機構其產品為玻璃粉碎料。

4.2 生產

一、廢玻璃進料與貯存^[4.1]

廢玻璃得採用露天貯存方式，但貯存場所應設有排水收集設施。排水通道應保持暢通，能避免發生污水溢散情形。另各貯存區宜明確標示名稱及產品種類。

另依據「共通性事業廢棄物管理辦法」之附表編號三廢玻璃與「一般廢棄物清除處理方式」之附表七廢玻璃規定，有關於再利用機構廠內貯存應符合規定如下列：

- (一)廢玻璃應於獨立區域貯存，並得採用露天貯存方式，其貯存場所應設排水收集設施。但貯存於廠房內者，不在此限。
- (二)廢玻璃貯存高度不得超過工廠廠區周圍結構體圍牆或其他阻隔設施，且貯存場所毗鄰農業用地者，應設置截流溝渠。但貯存於廠房內者，不在此限。

二、廢玻璃再利用處理程序^[4.1]

廢玻璃處理系統流程圖如圖 4.1 所示。回收玻璃料先經破碎機破碎成小粒徑，再經螺旋分選機去除有機物及細砂，後接脫水篩以瀝除水份，再經高架磁性輸送帶去除大片含鐵物，而後以人工做粗略分類以選除部份雜物，此時玻璃純度約達 93%。

隨後接雙板門式振動篩，上層篩板的篩孔可篩除破碎不完全的粒料；粒徑小於上層篩板之進料掉到下層篩板，故下層篩板之粒料需再進行破碎。通過下層篩板之粒料，再經衝擊搗碎

機、雙傾斜過篩及磁性分離器以去除雜物，並減少粒料體積，後貯放於儲料槽供再利用。

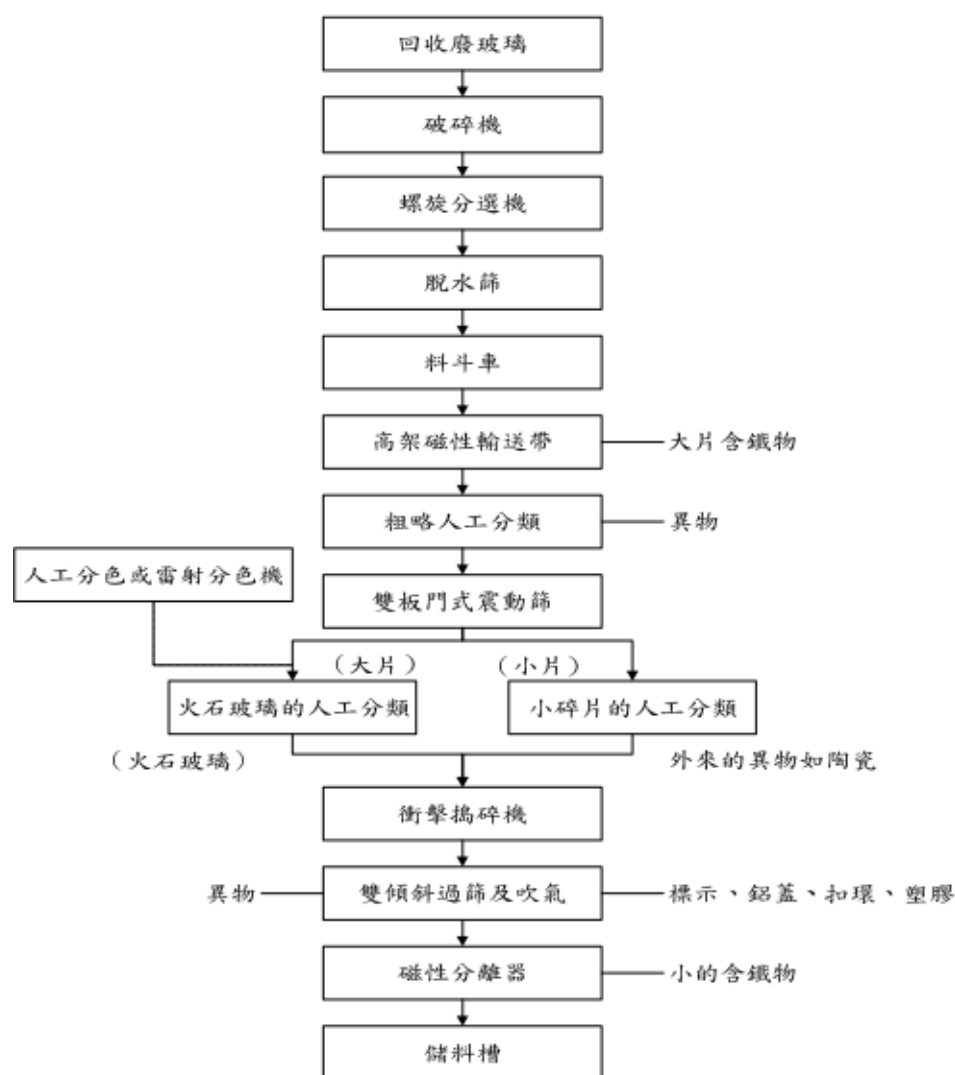


圖 4.1 廢玻璃再利用處理流程圖^[4.2]

三、廢玻璃再生粒料貯存與出廠檢測^[4.1]

- (一)廢玻璃再生粒料之貯存場所應設有排水收集處理設施。
- (二)廢玻璃再生粒料應依據類別之不同(玻璃容器、平板玻璃、車用玻璃)，採分區貯存及標示，且其貯存區內物品堆置高度不得超過圍牆高度。
- (三)廢玻璃再生粒料應每年進行至少一次自主檢測，項目包含毒性溶出程序(TCLP)、粒徑大小及雜質等，以確保廢玻璃再生粒料在使用時不會對環境造成二次污染。

(四)廢玻璃再生粒料如有廠外貯存需求，應事先提報貯存計畫，送貯存地點主管機關核准。

4.3 運送與再利用流向申報管理

如廢玻璃屬事業廢棄物，則須依「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」辦理，其相關規定說明如下：

- 一、再利用機構(指收受事業廢棄物再利用之農工商廠(場))應逐項逐筆記錄再利用產品之銷售流向、數量及用途，並妥善保存三年；必要時，主管機關得要求再利用機構提報相關紀錄及憑證。
- 二、再利用機構之再利用產品未直接售予最終使用者，主管機關得要求其將再利用產品經其他機構轉售至最終使用者之銷售流向及數量作成紀錄；再利用機構應妥善保存相關紀錄及憑證三年。
- 三、再利用機構應於每月十日前主動連線至中央主管機關事業廢棄物申報及管理資訊系統，申報前月下列事項之營運紀錄：
 - (一)共通性事業廢棄物之代碼、名稱及收受、使用數量。
 - (二)再利用產品之代碼、名稱、生產數量及前月底之庫存量。
 - (三)再利用產品之銷售對象及銷售量。
- 四、再利用機構之實際營運狀況發生與前項申報資料不一致之情形時，應立即主動上網補正申報資料，並說明修改申報資料之原因；再利用產品無銷售或無庫存時，仍應依前項規定申報。
- 五、再利用機構依前條規定連線申報營運紀錄時，因相關軟硬體設施發生故障無法於每月十日前完成申報，應於一日內以傳真方式向直轄市、縣(市)主管機關報備並作成紀錄；並於修復完成一日內補行連線申報。

4.4 參考文獻

[4.1]行政院環境保護署，「焚化底渣再生粒料應用於道路級配粒料底層使用手冊」，2015.07。

[4.2]張添晉、王愷懃，「廢玻璃與廢燈管資源回收循環」，2009。

第五章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層產製及品質檢驗

5.1 使用要點

廢玻璃再生粒料之級配粒料基層或底層的產製與施工，係指將廢玻璃再生粒料粒料、細粒料及天然石等，按配合比例拌合均勻後，依設計圖說所示之線形、坡度、高程及橫斷面，按本章之規定或依工程司之指示，分一層或數層鋪築於已滾壓整理之路基或基層上者，滾壓至所規定之壓實度而成者。各階段作業之相關規定及注意事項，除本章所述之外，宜參照公共工程施工綱要規範第 02722 章「級配粒料基層」^[5.1]及第 02726 章「級配粒料底層」^[5.2]規定。

5.2 資料審查及再生級配粒料供料計畫書

使用再生粒料前，廠商應提送相關供料計畫書，其內容應包含再生粒料來源及驗證單位出具合格證明文件、再生粒料與天然粒料混合比例、建議供料稽核方式、相關試驗方法及其相關之工程性質等，經工程司審查核可或由主辦機關指定第三者專業機構或專家查證後方可供料^{[5.1][5.2]}，其內容說明如下，詳請參閱附錄 5 所示。

一、再生粒料來源及製程說明：除針對級配粒料來源及製程說明外，亦須針對再生粒料環境相容性、雜質率，檢具檢驗結果，如表 5.1 所示。

表 5.1 廢玻璃再生粒料環境相容性與雜質率檢驗結果表(產源端檢測)
[5.3]

檢測項目	檢測結果	管制標準	檢測方法	檢測單位
重金屬總量	總汞	≤0.2 mg/L	NIEA R201.15C	委測○○科技股份有限公司
	總鎘	≤1.0 mg/L		
	總硒	≤1.0 mg/L		
	六價鉻	≤2.5 mg/L		
	總鉛	≤5.0 mg/L		
	總鉻	≤5.0 mg/L		
	總砷	≤5.0 mg/L		

檢測項目		檢測結果	管制標準	檢測方法	檢測單位
	總銅		≤15.0 mg/L		
	總銀		≤100.0 mg/L		
雜質率			≤3 %	海事工程所需之磚石填料粒徑及雜質檢測方法(NIEA R223.00C)	

二、品質管制措施：須提供品管作業檢驗程序，並針對混合廢玻璃再生粒料的級配粒料，因應其不同級配類型，訂定適當之產品規格或特殊檢驗項目，並提供品質檢驗結果，如表 5.2 所示。

表 5.2 級配粒料底層(廢玻璃再生粒料)之級配品質試驗結果^[5.3]

檢測項目		檢測結果	管制標準 第二類	檢測單位
級配-篩分析 (通過百分率) CNS 486 CNS 491	50.0(2 in)		100	委測○○ 工程顧問
	37.5(1 1/2in)		95~100	
	19.0(3/4 in)		70~92	
	9.5(3/8 in)		50~70	
	4.75(No.4)		35~55	
	0.60(No.30)		12~25	
	0.075(No.200)		0~8	
C.B.R.值，最小			80	
液性限度，最大			25	
塑性指數			NP	
含砂當量，最少			35	
健度，最大			12	

三、建議供料稽核方式、相關試驗方法及其相關之工程性質：依據混合廢玻璃再生粒料須符合施工綱要規範之級配類型，提出品質檢測項目、方法及頻率等稽核內容，如表 5.3 所示。

表 5.3 底層級配粒料產品品質檢驗項目、方法及頻率^[5.3]

名稱	檢驗項目	依據方法	規範要求	頻率
再生 級配 粒料 底層	級配 (篩分析)	CNS 486	應符合設計圖說及本章之規定。	1.每工程或每一料源至少一次。 2.數量 500 m ³ 為一批檢驗一次。
	級配粒料 品質 (第二類)	CNS 12382	C.B.R. ≥ 80	使用再生粒料時，每工程或每一料源至少一次。
		CNS 5088	液性限度 $\leq 25\%$ ，塑性指數 NP	
		CNS 15346	含砂當量 $\geq 35\%$	
		CNS 1167	以硫酸鈉健度試驗法試驗，試驗結果其重量損失不得大於 12 %。	

5.3 產製

一、混合比例

由 3.2 節工程性質可以得知，級配粒料基層可以 100 % 廢玻璃再生粒料符合第三類型基層級配粒料規定的 C 型以及第四類型基層級配粒料規定；底層則可以 50 % 廢玻璃再生粒料，並再添其他粒料，符合第二類型底層級配規定。使用上亦可依廢玻璃再生粒料之級配現況與其他粒料進行混合，並依公共工程施工綱要規範「第 02722 章級配粒料基層」與「第 02762 章級配粒料底層」所對應之類型，以確認是否符合品質之要求。

二、拌合^[5.3]

廢玻璃再生粒料與天然粒料進行混拌時，為確保混拌後之級配粒料品質，宜遵循下列規定進行相關作業。

(一)一般規定

為維護施工現場周遭環境品質，如需混合應於廢玻璃再利用機構或砂石廠之廠區內，進行廢玻璃再生粒料與天然粒料之混拌作業。

(二)物料選擇

建議選用同一生產類型之廢玻璃再生粒料(如玻璃容器、平板玻璃、車用玻璃)為優先，以維持混拌後之級配粒料品質之穩

定性。

(三)混合比例

廢玻璃再利用機構或砂石廠應依據工程需求製作符合規範的再生級配粒料供料計畫書，其內容包含混合比例。

(四)拌合方式

1.拌合機拌合

使用之拌合機應經常保持良好狀態，其輪葉或葉片，應具有適當之尺度及淨空，並予適當之調節，以能生產均勻之合格材料。

2.廠內現有設備拌合

廢玻璃再生粒料再利用機構或砂石廠亦可利用廠內現有設備進行拌合，拌合時需注意投料順序及頻率，以能生產均勻之合格材料。

(五)運送

在運送時，運送車車斗應加裝帆布或其他遮蓋裝置，以防止雨水滲入及粉塵逸散。

5.4 施工

為提昇道路基底層施工品質，必須了解其施工流程，掌握各階段的管理要點，圖 5.1 是道路級配粒料基底層施工流程，施工中須依檢驗項目之品質標準進行控制，方能有較佳的工程品質。

一、材料

施工前，應針對含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層進行品質檢驗，依其級配類型須需符合公共工程施工綱要規範「第 02722 章級配粒料基層」與「第 02762 章級配粒料底層」品質之要求，其試驗頻率除供料稽核外，每 500 m³ 做一次試驗。

二、路基整理^[5.3]

(一)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。

(二)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。

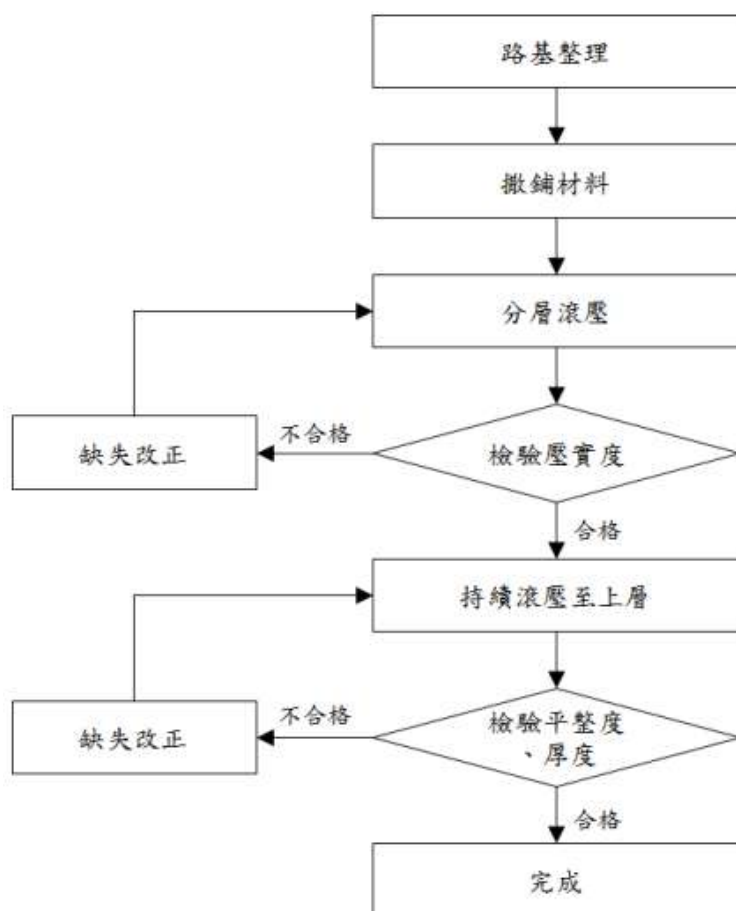


圖 5.1 道路級配粒料基底層施工流程^[5.3]

- (三)若基面下有鬆軟材料，以致影響路基滾壓工作時，該部分路基應予翻鬆、曝曬或挖棄換填符合設計路基強度 C.B.R 值或 R 值之材料，然後壓實至規定壓實度。
- (四)在路基整型修面時，其頂層過高部分應予刮除，所刮除之剩餘材料，用於頂層高程不足地點或棄置之。
- (五)缺料時應補充新料，將原有之頂層耙鬆，加水拌合，並滾壓整修至合乎規定。
- (六)經過整修後，路基頂面應保持其整修完成之狀態，並繼續維護直至基層或底層開始鋪築時為止。

三、撒鋪材料^[5.3]

- (一)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。

- (二)在撒鋪之前，如有需要可在路基上灑水，以得一適宜之濕度。
- (三)撒鋪時，如發現粒料有不均勻或析離現象時，應以機動平路機拌合至前述現象消除為止。
- (四)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，務須足能達到所需之壓實度為原則。
- (五)鋪設時，應避免損及其下面之路基，並按所需之全寬度鋪設。
- (六)發現有不合規定之顆粒及雜物時，均應隨時予以撿除。
- (七)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。

四、滾壓^[5.3]

- (一)級配粒料撒鋪及整形完成後，應立即以 10t 以上三輪壓路機或振動壓路機滾壓。
- (二)滾壓時，如有需要，應以噴霧式灑水車酌量灑水，使級配粒料有夯實試驗之最佳含水量，以能壓實至所規定之密度。
- (三)如級配粒料含水量過多時，應俟其乾至適當程度後，始可滾壓。
- (四)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。
- (五)在曲線超高處，滾壓應由低側開始，逐漸移向高側。
- (六)壓路機不能到達之處，應以夯土機或其他適當之機具夯實。
- (七)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。
- (八)分層鋪築時，在每一層之撒鋪與壓實工作未經現場人員檢驗合格之前，不得繼續鋪築其上層。
- (九)鋪築上層級配粒料時，其下層表面應刮毛約 2cm，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。
- (十)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。

(十一)刮平及滾壓工作應相繼進行，直至所有表面均已平整堅實，過程中得視實際需要酌量灑水。

(十二)每一層滾壓數量達 1,000 m² 時，應至少檢驗一次壓實度，並以 CNS 14733[以砂錐法測定土壤工地密度試驗法]標準方法求之。壓實度應至少達到依 CNS 11777-1[土壤含水量與密度關係試驗法(改良式實驗法)]方法試驗，再以 CNS14732[依粗料含量調整土壤夯實密度試驗法]方法校正所得最大乾密度之 95 %以上。如試驗結果未達規定密度時，應繼續滾壓，或以翻鬆灑水或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。

五、保護^[5.3]

(一)已完成之基層或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。

(二)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。

5.5 品質檢驗

完工後基層或底層之品質，宜參照工程會施工綱要規範第 02722 章「級配粒料基層」與 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。

一、頂面平整度^[5.3]

(一)完成後之基層或底層頂面應平順、緊密及均勻表面。

(二)基層或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，其任何一點高低差基層、底層分別均不得超過±2.5 cm、±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。

二、鋪設厚度^[5.3]

(一)完成後之基層或底層，由現場人員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。

(二)任何一點之基層、底層鋪設厚度分別不得比設計厚度 2.0 cm、

1.0 cm 以上，或不得比設計厚度少 10 %以上，各點厚度之平均值不得小於設計厚度。

(三)如完成後之基層、底層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。

5.6 計量與計價

在編製含廢玻璃再生粒料之級配粒料基層或底層之工程預算或估價時，可參考下列計量與計價方式，進行相關作業。

- 一、按完工後經驗收合格之壓實數量，以「立方公尺」計量。
- 二、依契約詳細價目表所列項目，以「立方公尺」單價計價，該項單價已包括所需之一切人工、材料(含廢玻璃再生粒料)、機具、設備、動力、運輸、材料供應、裝卸、拌合、撒佈、灑水、滾壓、刮平、檢驗及其他為完成基底層施工所必需之費用在內。

5.7 參考文獻

- [5.1]公共工程施工綱要規範「第 02722 章級配粒料基層」，2018.12。
- [5.2]公共工程施工綱要規範「第 02762 章級配粒料底層」，2018.12。
- [5.3]台灣鋼鐵工業同業公會，「電弧爐煉鋼氧化碴(石)應用於道路級配粒料基底層試行使用手冊」，2019。

第六章 含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層品質管理與注意事項

為確保廢玻璃再生粒料品質能符合工程之需求，使用含廢玻璃再生粒料之公共工程建議執行全面品質管理，以減少影響工程品質之變異發生，宜將本章節相關管制措施及注意事項納入自主管理系統內，以確保含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層工程品質。

6.1 品質管理

有關含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層各作業階段，工程品質管制措施分述如下，以確保其品質。

一、廢玻璃再生粒料出廠管制

依「共通性事業廢棄物管理辦法」^[6.1]與「一般廢棄物清除處理方式」^[6.2]規定，廢玻璃再生粒料出廠前應依毒性特性溶出程序檢測有毒重金屬項目，其檢測值未超過表 2.3 所列標準方可出廠再利用。

二、產製階段管制^[6.3]

- (一)工程施工單位應先評估廢玻璃再生粒料供應商之資格，確認廢玻璃再生粒料之產源。
- (二)工程施工單位應查驗廢玻璃再生粒料出廠檢驗報告，品質符合「共通性事業廢棄物管理辦法」與「一般廢棄物清除處理方式」規定及級配粒料基底層使用要求，方可進料。
- (三)確定級配粒料基底層之級配類型，以決定廢玻璃再生粒料與天然粒料之混合比例。

三、施工階段管制

- (一)工程施工單位應依規範要求頻率，辦理含廢玻璃再生粒料之級配粒料基底層之品質檢驗。
- (二)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。
- (三)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。

四、驗收階段管制^[6.3]

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

6.2 注意事項

- 一、使用前應確認鋪設工址符合「共通性事業廢棄物管理辦法」^[6.1]之附表編號三廢玻璃與「一般廢棄物清除處理方式」^[6.2]之附表七廢玻璃再利用規定。
- 二、工程機關於施工前應查驗相關供應證明文件與品管作業文件，如供料計畫書，以確認使用之含廢玻璃再生粒料之級配粒料底層品質，符合環保法規之無害標準，且滿足工程需求。^[6.3]
- 三、工程施工單位於施工準備期間，應視實際需要於級配粒料上均勻灑以適量之水(夯實試驗之最佳含水量)，使級配粒料於鋪築壓實時能達到所需之壓實度。^[6.3]

6.3 參考文獻

- [6.1]行政院環境保護署，「共通性事業廢棄物再利用管理辦法」，2022.02。
- [6.2]行政院環境保護署，「一般廢棄物清除處理方式」，2021.02。
- [6.3]台灣鋼鐵工業同業公會，「電弧爐煉鋼氧化碴(石)應用於道路級配粒料基底層試行使用手冊」，2019。

附錄、供料計畫書（參考範本）

一、基本資料

○○公司是國內專業處理一營建剩餘土石方、廢玻璃再生粒料等資源化的公司。為創新再生資源多元化，○○公司投入更專業的設備與人力並與各學術機構及政府相關單位不斷開發、研究應用於級配粒料及其處理方法，或經由專業拌合設備及精細調控進行級配粒料之拌合並提升產品品質規格；檢附公司再利用許可處理之資格證明文件(再利用登記檢核)於「相關佐證資料表 1」內容中。

二、級配粒料來源及製程

2.1 級配粒料來源及製程

○○股份有限公司為一廢玻璃處理工廠，主要將回收之玻璃容器與車用玻璃經由分選、清洗、破碎、去雜質、磁選、風選、篩分等處理程序後作為各種再利用用途所需之玻璃再生粒料，其生產製造流程如圖 2.1 所示。

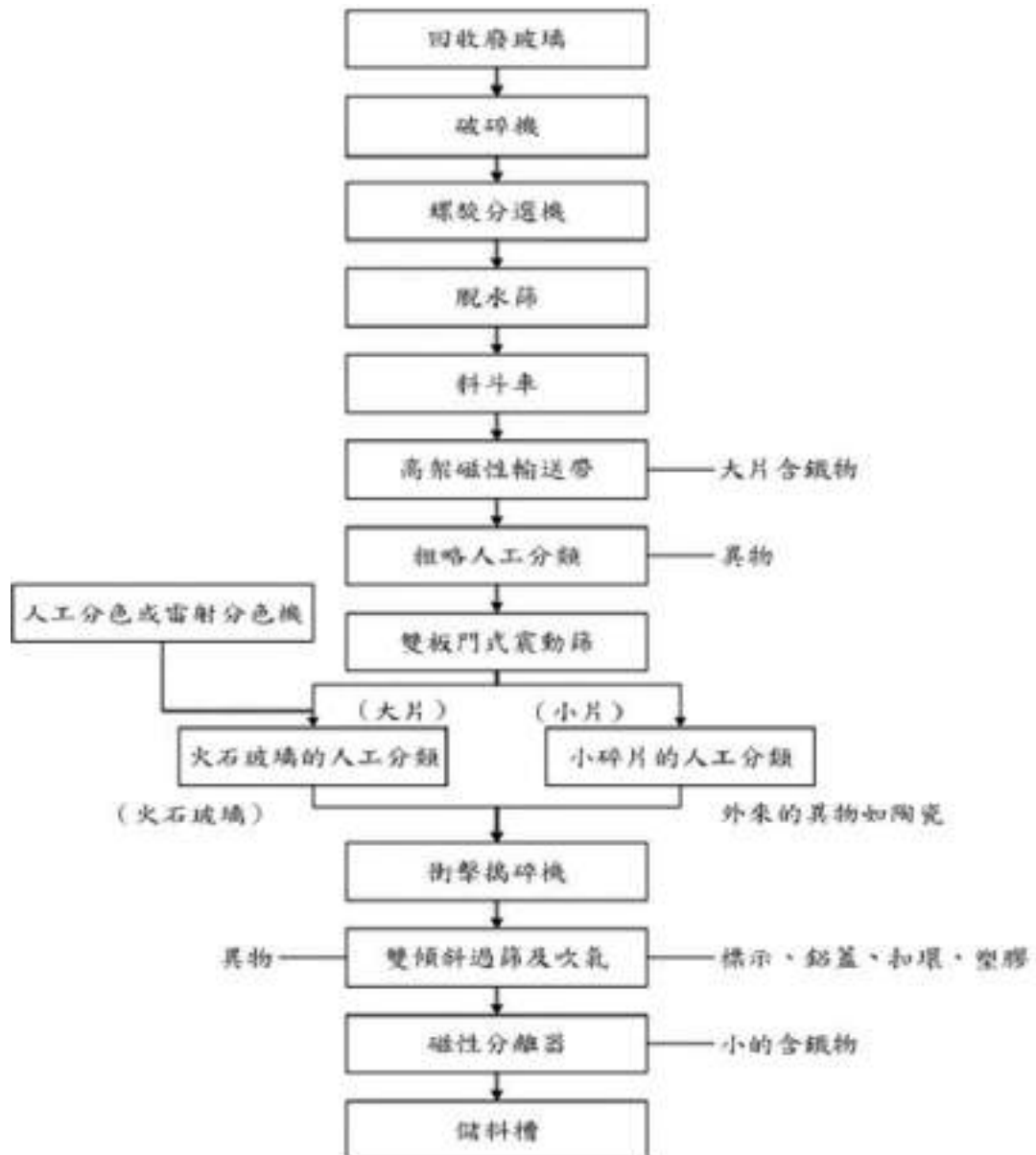


圖 2.1 廢玻璃再利用處理流程示意圖

2.2 級配粒料環境相容性與雜質率檢驗

針對本案再生級配粒料原料(廢玻璃再生粒料)進行委託檢測之重金屬溶出毒性試驗(TCLP)與雜質率，其檢測結果如表 2.1 所示，均低於有害事業廢棄物之管制標準，故屬於一般事業廢棄物。並檢附產源端原材料檢測分析報告於「相關佐證資料表 2」內容中。

表 2.1 級配粒料原料(廢玻璃再生粒料)環境相容性與雜質率檢驗檢驗
結果表(產源端檢測)

檢測項目		檢測結果	管制標準	檢測方法	檢測單位
重金屬總量	總汞	N.D.	≤0.2 mg/L	NIEA R201.15C	委測○○科技股份有限公司
	總鎘	N.D.	≤1.0 mg/L		
	總硒	N.D.	≤1.0 mg/L		
	六價鉻	N.D.	≤2.5 mg/L		
	總鉛	0.170 mg/L	≤5.0 mg/L		
	總鉻	N.D.	≤5.0 mg/L		
	總砷	N.D.	≤5.0 mg/L		
	總銅	0.112 mg/L	≤15.0 mg/L		
	總鋇	N.D.	≤100.0 mg/L		
雜質率		2.1 %	≤3 %	海事工程所需之磚石填料粒徑及雜質檢測方法(NIEA R223.00C)	

2.3 級配粒料製程流程圖

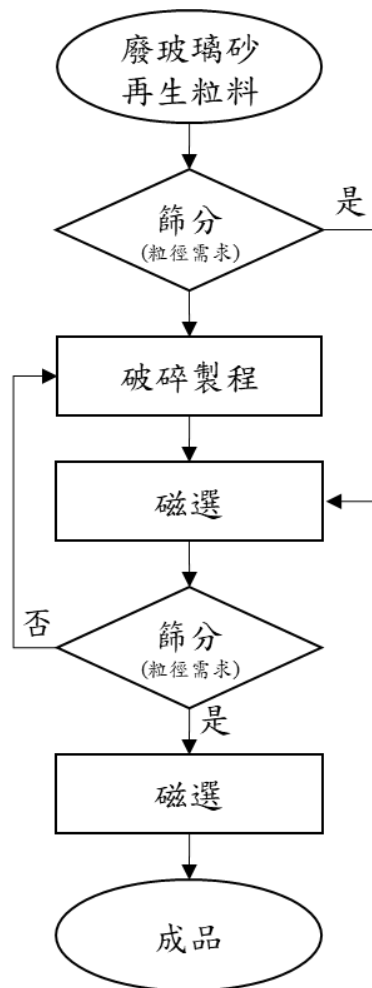


圖 2.2 級配粒料生產製程流程圖

三、品質管制措施

3.1 品管作業檢驗程序

檢驗程序的目的有二，一是為確保再利用產品(級配粒料)之品質，依照其檢驗與測試作業之標準進行檢驗與測試，檢驗合格與否能明確識別其狀況。二是讓產品能適切識別與追溯。其執行方式如下：

(一)檢驗與識別－合約簽訂前檢驗

- 1.由產源廠每年檢附經環保署認可之實驗室測試合格檢驗報告，檢驗項目為有毒重金屬溶出。
- 2.判定為不合格時，依(異常處理)處理，不允收。

(二)原物料進廠

- 1.事業機構權責人員確認循環資源儲區有無混雜異物或垃圾及裝載循環資源與三聯單是否相符。
- 2.清除機構司機確認載運物品與循環資源相同，無雜物混雜、車斗避免逸散或洩漏汙染、太空袋包裝須完整及裝載妥當。
- 3.管制站人員確認表面無垃圾或異物，並聯絡廠內人員引導卸料作業。
- 4.確認卸貨和廠區儲存地點無誤及卸貨後無異物或垃圾等雜物。

(三)級配粒料成品檢驗與識別

- 1.再生級配粒料成品由品管部門至成品堆置區取樣檢驗。
- 2.每年送環保署認可實驗室，檢驗有毒重金屬溶出一次。
- 3.每批次生產由品管部門實行自主品管檢驗。

3.2 底層級配粒料品質試驗報告

本案底層級配粒料(廢玻璃再生粒料)之產品品質標準除符合「行政院環境保護署共通性事業廢棄物再利用管理辦法」與「行政院環境保護署一般廢棄物清除處理方式」運作管理內容之相關規定外，主要參照行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02726 章級配粒料底層之規定，因應不同需求訂定適當之產品規格或特殊檢驗項目，針對本案再利用產品一般基本性質規定如表 3.1 所示，並檢附廢玻璃再生粒料 50 %使用比例之底層級配粒料品質試驗報告。原始檢測分析報告附於「相關佐證資料表 3」內容中。

表 3.1 級配粒料底層(廢玻璃再生粒料)之級配品質試驗結果

檢測項目		檢測結果	管制標準 第二類	檢測單位
級配-篩分析 (通過百分率) CNS 486	50.0(2 in)	100	100	委測○○ 工程顧問
	37.5(1 1/2in)	96	95~100	
	19.0(3/4 in)	76	70~92	

檢測項目		檢測結果	管制標準 第二類	檢測單位
CNS 491	9.5(3/8 in)	55	50~70	
	4.75(No.4)	36	35~55	
	0.60(No.30)	13	12~25	
	0.075(No.200)	2	0~8	
C.B.R.值，最小		241	80	
液性限度，最大		NP	25	
塑性指數		NP	NP	
含砂當量，最少		94	35	
健度，最大		0	12	

四、建議供料稽核方式

本案底層級配粒料(廢玻璃再生粒料)產品品質檢驗項目及頻率主要均參照施工綱要規範第 02726 章級配粒料底層規定。本案針對再生底層級配粒料之建議供料稽核方式應包含以下品質檢測項目、方法及頻率，如表 4.1 內容所示。

表 4.1 底層級配粒料產品品質檢驗項目、方法及頻率

名稱	檢驗項目	依據方法	規範要求	頻率
再生 級配 粒料 底層	級配 (篩分析)	CNS 486	應符合設計圖說 及本章之規定。	1.每工程或每 一料源至少 一次。 2.數量 500 m ³ 為 一批檢驗一 次。
	級配粒料 品質 (第二類)	CNS 12382	C.B.R. ≥ 80	使用再生粒料 時，每工程或 每一料源至少 一次。
		CNS 5088	液性限度 ≤ 25 %，塑性指數 NP	
		CNS 15346	含砂當量 ≥ 35 %	
		CNS 1167	以硫酸鈉健度試 驗法試驗，試驗 結果其重量損失 不得大於 12 %。	

相關佐證資料表 1-
再利用許可處理之資格證明文件
(再利用登記檢核)
(略)

相關佐證資料表 2-
產源端原材料檢驗報告
(略)

相關佐證資料表 3-
再利用機構端產品檢驗報告
(廢玻璃再生粒料底層級配粒料)
(略)