

# 電弧爐煉鋼氧化渣(石) 應用於道路級配粒料基底層 試行使用手冊

---



台灣鋼鐵工業同業公會

Taiwan Steel & Iron Industries Association

中華民國108年8月 編印



## 摘要

鋼鐵工業為產業發展之基礎，舉凡各種製造業、營建工程、交通運輸及工商機具等，皆與鋼鐵工業息息相關，因此有「重工業之母」之稱呼。臺灣一貫作業煉鋼過程中產出之副產物電弧爐氧化渣年產量約為 120 萬公噸。電弧爐氧化渣具耐磨、高硬度及高抗滑之特性，其粒料特性適合應用於道路工程，尤其電弧爐氧化渣因所含游離石灰非常低，遇水後其體積膨脹遠小於規範值，非常適合再利用於道路基底層。

為宣導電弧爐氧化渣之正確使用觀念，以確保電弧爐氧化渣應用於道路底層之績效，研擬本「電弧爐煉鋼氧化渣（石）應用於道路級配粒料基底層試行使用手冊」（以下簡稱本手冊）。本手冊主要內容包括氧化渣材料性質與標準、氧化渣再生粒料之級配粒料基底層工程性質與應用實例、氧化渣之再利用運作與管理、氧化渣再生粒料之級配粒料基底層產製與施工、氧化渣再生粒料之級配粒料基底層管理與注意事項。本手冊除可作為工程主辦機關、設計及施工單位等相關產業參考遵循外，其內容包含供電弧爐氧化渣資源化應用於道路級配粒料基底層之相關技術，有利於確保公共工程之品質及永續發展政策之推行。

# 目錄

第一章總則.....	1
1.1 緒論 .....	1
1.2 內容架構 .....	3
1.3 本手冊之使用要點 .....	4
第二章氧化碴材料性質與標準.....	6
2.1 氧化碴製程與產出 .....	6
2.1.1 氧化碴之出碴程序.....	6
2.1.2 再利用機構處理.....	7
2.1.3 再利用處理特別要求.....	8
2.2 氧化碴之一般性質 .....	11
2.2.1 化學性質 .....	11
2.2.2 物理性質 .....	14
2.3 氧化碴應用於道路級配粒料基底層之規格要求 .....	16
2.3.1 氧化碴應用於道路級配粒料基底層之試驗標準及施工規範.....	16
2.3.2 氧化碴粒料之環保規範.....	17
2.3.3 氧化碴再利用管理規定.....	19
第三章氧化碴再生粒料之級配粒料基底層工程性質與應用實例.....	22
3.1 適用範圍 .....	22
3.2 工程性質 .....	23
3.3 應用實例 .....	25
第四章氧化碴之再利用運作與管理.....	30
4.1 一般原則 .....	30

4.2 產出 .....	31
4.3 貯存 .....	31
4.4 清除與再利用處理 .....	32
4.5 流向管理 .....	34
4.6 電弧爐煉鋼爐渣(石)雲端管理系統.....	35
第五章氧化渣再生粒料之級配粒料基底層產製與施工.....	36
5.1 使用要點 .....	36
5.2 資料審查及再生級配粒料供料計畫書 .....	36
5.3 產製 .....	36
5.4 施工 .....	43
5.5 品質檢驗 .....	48
5.6 計量與計價 .....	49
第六章氧化渣再生粒料之級配粒料基底層品質管理與注意事項.....	50
6.1 一般原則 .....	50
6.2 品質管理 .....	50
6.3 注意事項 .....	52
參考文獻.....	53
附錄一 公共工程施工綱要規範第 02722 章級配粒料基層 公共工程施工綱要規範第 02726 章級配粒料底層	
附錄二 再生級配粒料供料計畫書	
附錄三 經濟部事業廢棄物再利用管理辦法之附表「編號九、電弧爐煉鋼爐渣 (石)」	

## 圖次

圖 2-1 電弧爐煉鋼製程 .....	6
圖 2-2 電弧爐煉鋼廠內氧化矽出矽作業流程 .....	7
圖 2-3 氧化矽再利用處理程序 .....	8
圖 2-4 氧化矽 CaO-SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 三相圖 .....	13
圖 3-1 A 氧化矽級配粒料乾密度與 CBR 關係圖 .....	25
圖 3-2 B 氧化矽級配粒料乾密度與 CBR 關係圖 .....	25
圖 3-3 某鋼廠內鋪設位置圖 .....	27
圖 3-4 停車場佈設剖面簡圖 .....	29
圖 3-5 新北三重區停車場完工現場 .....	29
圖 4-1 雲端管理系統流程圖 .....	35
圖 5-1 道路級配粒料基底層施工流程 .....	44

## 表次

表 1-1 使用者快速索引對照表 .....	5
表 2-1 氧化矽化學成分之含量(鋼鐵公會統計).....	13
表 2-2 氧化矽粗粒料密度與吸水率試驗結果 .....	15
表 2-3 氧化矽細粒料密度與吸水率試驗結果 .....	15
表 2-4 氧化矽洛杉磯磨損及健度試驗結果 .....	16
表 2-5 國內各鋼廠水合膨脹試驗結果 .....	16
表 2-6 國內外氧化矽應用於道路級配粒料基底層之試驗標準及施工規範 .....	17

表 2-7 氧化矽有毒重金屬毒性特性溶出及氫離子濃度指數結果 .....	18
表 3-1 A 氧化矽和 B 氧化矽級配分佈及其工程性質 .....	24
表 3-2 不同夯實能量之修正 C.B.R 值 .....	24
表 3-3 國內道路底層應用氧化矽級配粒料的實例 .....	26
表 3-4 不銹鋼廠內試鋪道路段環境監測結果 .....	28
表 4-1 有害事業廢棄物認定標準 .....	31
表 4-2 氧化矽經再利用程序之產出物檢驗標準 .....	34
表 5-1 粒料依比重修正使用比例之範例 .....	37
表 5-2 基層第一類型級配粒料規格及品質 .....	38
表 5-3 基層第二類型級配粒料規格及品質 .....	38
表 5-4 基層第三類型級配粒料規格及品質 .....	39
表 5-5 基層第四類型級配粒料規格及品質 .....	39
表 5-6 底層第一類型級配粒料規格及品質 .....	40
表 5-7 底層第二類型級配粒料規格及品質 .....	41
表 5-8 底層第三類型級配粒料規格及品質 .....	42
表 5-9 級配粒料基層或底層之檢驗方式與頻率 .....	45
表 6-1 氧化矽再生粒料之出廠檢驗標準 .....	51

# 第一章 總則

## 1.1 緒論

### 1. 緣起

鋼鐵工業為產業發展之基礎，舉凡各種產品製造、營建工程、交通運輸及工商機具等，皆與鋼鐵工業息息相關，但伴隨著鋼鐵製造過程而產出的副產物（或稱廢棄物），在環保意識日益高漲的大環境下，如何妥善的處理與利用，不僅是鋼鐵工業，縱「事業廢棄物」與「一般廢棄物」亦需審慎的面對與思考。為期廢棄物之資源化，須視其性質與特性，擇定合適用途推動，其相關處理與再利用技術為必備條件外，探詢多元且有大量材料需求的再利用途徑，方能有效達到廢棄物資源化之目的，以建立合乎市場性的資源循環體系，進而降低環境衝擊並提升產業經營效能。

電弧爐煉鋼爐渣為電弧爐煉鋼製程中所產的副產物，依冶煉過程可分為電弧爐煉鋼氧化渣(Electric Arc Furnace Oxidizing Slag, EOS，以下稱氧化渣)及電弧爐煉鋼還原渣(以下稱還原渣)兩大項<sup>[1]</sup>。國內現今電弧爐煉鋼廠每年約生產 1,000 萬公噸粗鋼，亦產出約計 120 萬公噸氧化渣及 46 萬公噸還原渣，此二者均為事業廢棄物，其再利用管理應符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>辦理。其中，經高溫冶煉過程產出的氧化渣，具有良好的抗磨損與硬度等特質，由先進國家經驗得知<sup>[3]</sup>，經適當的加工處理程序，作為道路材料的使用最為合適，歐盟爐石協會(<http://www.euroslag.com>)<sup>[4]</sup>，美國國家爐石協會(<http://www.nationalslag.org>)<sup>[5]</sup>，日本爐石協會(<http://www.slg.jp/e/index.htm>)<sup>[6]</sup>及台灣鋼鐵工業同業公會(<http://steelslag.tsiia.org.tw>)<sup>[1]</sup>均有統計載明，數十年來電弧爐煉鋼氧化渣已廣泛使用於瀝青混凝土、道路基礎、鐵路道渣及地盤改良，在國內砂石供需失衡的市場環境下，以氧化渣作為道路工程基底層級配粒料，最能有效發揮氧化渣的適用性與價值性。



鑑此，台灣鋼鐵工業同業公會為促進氧化渣應用於道路工程，編訂「電弧爐煉鋼氧化渣瀝青混凝土鋪面使用手冊」<sup>[7]</sup>於 107 年 7 月修訂完成，而「電弧爐煉鋼氧化渣（石）應用於道路級配粒料基底層試行使用手冊」（簡稱「本手冊」）是為推廣應用於級配粒料基底層，亦可應用於級配粒料基層，透過本手冊宣導氧化渣正確使用觀念，確保氧化渣應用於道路級配粒料基底層之績效，提供各界使用時之參考依據。

## 2. 目的

電弧爐煉鋼製程中所產之氧化渣，經破碎、磁選及篩分等處理後，材料品質可符合 CNS15305「級配粒料基層、底層及面層用材料」<sup>[8]</sup>標準要求，且氧化渣的物理性質與天然粒料相近，又具質地較硬、比重大與耐磨等特性，極適合應用於道路級配粒料基底層。選用氧化渣作為道路級配粒料基底層之替代材料，除可降低天然資源開採及節省工程成本，同時亦可避免浪費資源。因此本手冊編撰目的，即在於提供工程界使用氧化渣應用於道路級配粒料基底層之正確使用方法，提供使用與管理的技術，以確保氧化渣使用後的工程品質。

## 3. 定義

### (1) 煉鋼爐渣

本手冊所稱之「煉鋼爐渣」係指生產鋼鐵之鐵礦原料與粘土雜質及助熔劑（如螢石粒料、粒料灰及焦炭）在高溫熔爐中反應所產生之熔渣。目前國內煉鋼方法以電弧爐煉鋼與一貫作業煉鋼為大宗，其中電弧爐煉鋼產生氧化渣與還原渣，一貫作業煉鋼產生高爐爐渣與轉爐爐渣，本手冊僅針對電弧爐煉鋼產生之氧化渣作闡述。

### (2) 氧化渣

本手冊所稱之「氧化渣」係指經電弧爐煉鋼過程，於氧化期所排出之熱熔渣，經冷卻後則為氧化渣。

### (3) 氧化渣再生粒料

本手冊所稱之「氧化礫再生粒料」為前述氧化礫經破碎、磁選與篩分等再利用處理，所製成之再生粒料，材料品質須符合中華民國國家標準 CNS 15305 之級配粒料基層、底層及面層材料<sup>[8]</sup>及經濟部事業廢棄物再利用管理辦法<sup>[2]</sup>之規定，可作為道路級配粒料基底層之材料。

#### 4. 適用範圍

本手冊所規範或建議事項適用於一般道路工程之級配粒料基層及底層。除本手冊列述事項外，可依據行政院公共工程委員會頒訂公共工程施工綱要規範之第 02726 章「級配粒料底層」<sup>[9]</sup>及 02722 章「級配粒料基層」<sup>[10]</sup>規定。

## 1.2 內容架構

本手冊內容包含使用氧化礫使用於級配粒料基底層時所需資訊，各章節內容架構簡述如下。

### 1. 第二章氧化礫之材料性質與標準

本章節主要說明氧化礫之材料性質，包含氧化礫之產出、再利用處理程序與因應級配粒料材料使用之特別要求、物理與化學性質、法規與標準等資訊。

### 2. 第三章氧化礫再生粒料之級配粒料基底層工程性質與應用實例

本章節主要說明含氧化礫再生粒料之級配粒料基底層適用範圍與工程性質，其工程性質與天然粒料差異不大，然在使用區域上，應符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」之規定，並舉應用實例及其績效。

### 3. 第四章氧化礫之再利用運作與管理

本章節主要說明氧化礫再利用機構在處理氧化礫時，所需具備資格及遵循之規定要求。氧化礫之產出、貯存、清除與流向管理等，皆循「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>之規定辦理。

4. 第五章氧化碓再生粒料之級配粒料基底層產製與施工

本章節主要說明含氧化碓再生粒料之級配粒料基層從產製、施工及品質檢驗等各階段作業，並宜參照工程會施工規範第 02722 章「級配粒料基層」及第 02726 章「級配粒料底層」規定相關規定辦理。另說明添加氧化碓再生粒料之使用比例決定原則，及拌合作業時應注意事項等應用資訊。

5. 第六章氧化碓再生粒料之級配粒料基底層品質管理與注意事項

氧化碓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，以提升含氧化碓再生粒料之級配粒料基底層工程品質。

### 1.3 本手冊之使用要點

為利於不同使用者有效運用本手冊，使用者可根據所需來先了解本手冊相關章節如表 1-1。下表可適用在道路基層或底層，用基層或底層取決於道路工程設計者要具較高承载力用底層，而一般承载力用基層。

表 1-1 使用者快速索引對照表

對象	項目	參考章節
道路工程採購機關	1.採購招標規範、規格 2.計價方式 3.驗收項目與檢驗項目	5.2資料審查及再生級配粒料供料計畫書 5.3產製 5.5品質檢驗 5.6計量及計價
道路工程設計、監造單位	1.允收標準與檢驗報告 2.供料使用管理記錄 3.品質檢測報告	5.2資料審查及再生級配粒料供料計畫書 5.4施工 5.5品質檢驗 5.6計量及計價 6.2品質管理
級配粒料之試驗單位	1.再生級配粒料配合設計流程	5.2資料審查及再生級配粒料供料計畫書 5.3產製
工程施工單位	1.生產與管理記錄 2.道路級配粒料基層及底層品質管理	5.4施工 5.5品質檢驗 附錄2再生級配粒料供料計畫書
電弧爐鋼鐵生產業者	1.氧化碴之材料性質與標準 2.氧化碴之產出、貯存、清除與流向管理	2.2氧化碴之一般性質 4.2產出~4.6電弧爐煉鋼爐碴(石)雲端管理系統
再利用機構	1.再利用運作與管理 2.再生級配粒料供料計畫書	2.3.2氧化碴粒料之環保規範 2.3.3氧化碴再利用管理規定 4.2產出~4.6電弧爐煉鋼爐碴(石)雲端管理系統 5.2資料審查及再生級配粒料供料計畫書
環境保護機關	1.再生粒料出廠管制	6.2 品質管理

## 第二章 氧化渣材料性質與標準

### 2.1 氧化渣製程與產出

#### 2.1.1 氧化渣之出渣程序

電弧爐煉鋼廠所產出之副產物中以爐渣為最大宗，集塵灰及污泥次之，電弧爐煉鋼均為批次作業，冶煉過程依其化學反應分成三個階段，分別為熔解期、氧化期及還原期。將廢鐵、廢鋼在初步篩選後分類、秤重後加料，加熱使廢鐵原料熔解成鋼液，為加速熔解及分離雜質，另通入高壓氧氣以加速氧化作用，此時廢鋼中含有之氧化物開始生成少量之氧化渣，再通入更多之氧氣，雜質則氧化生成更大量的固態氧化渣及氣態氧化物(廢氣)。因鋼液中含氧量過高，因此需加以還原，其作法是加入生石灰、焦炭粉等副料，使其與氧化物反應，產生還原浮渣並去氧脫硫，以清潔鋼液。此時可加入各種添加劑(如矽鐵、高碳錳鐵、焦炭、矽錳鐵、鋁錠(條)等)，以調整鋼液成分，煉鋼爐渣即是由此煉鋼過程所排出的熔渣。[1][11]

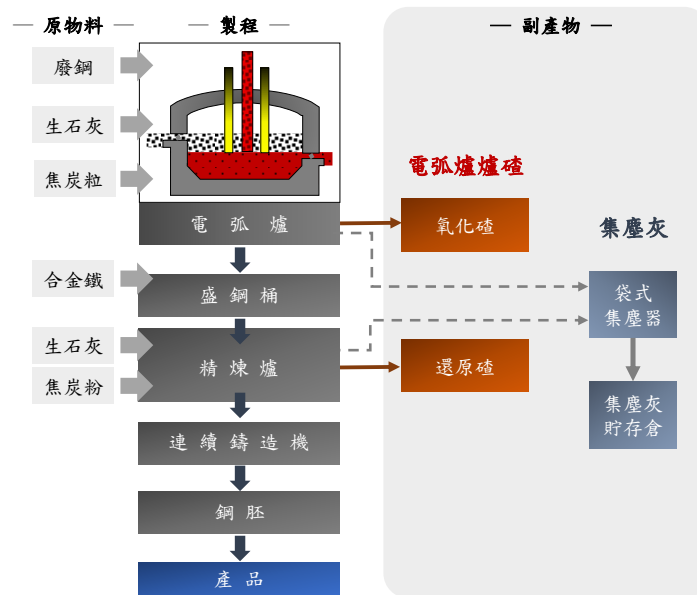


圖 2-1 電弧爐煉鋼製程<sup>[1]</sup>

電弧煉鋼爐渣係以廢鋼鐵為原料，通電產生電弧冶煉，生產的週期較長，分成氧化期和還原期，並分期出渣，分別稱為氧化渣和還原渣。氧化渣中氧化鈣含量會較低，氧化亞鐵含量會較高，而還原渣剛好相反。在礦物組成方面，氧化渣其礦物組成以橄欖石、薔薇輝石為主；而還原渣其礦物組成以矽酸三鈣(C<sub>3</sub>S)、矽酸二鈣(C<sub>2</sub>S)及二價金屬氧化物固溶體(RO)為主<sup>[1][12]</sup>。國內電弧爐煉鋼每生產1噸之電弧爐鋼約可產生150kg至200kg的電弧爐渣。一般電弧爐煉鋼過程中所產生氧化渣與還原渣之比例，依所收集鋼料種類與處理流程的不同而有所差異。就鋼料種類而言，有碳鋼、不銹鋼及特殊鋼三種。在產生爐渣的比例上，以碳鋼廠為例，氧化渣與還原渣之產量比約4:1，而不銹鋼廠比例約為1:2，鑄鋼廠約為1:1<sup>[1][13]</sup>。

針對電弧爐煉鋼製程的氧化渣出渣程序，國內各廠多採自然風化外加浸水冷卻的方式，以使氧化渣於廠內冷卻後，進行與金屬鐵件的分選作業，有關於電弧爐煉鋼廠內的作業流程如圖2-2所示。



圖 2-2 電弧爐煉鋼廠內氧化渣出渣作業流程

### 2.1.2 再利用機構處理

氧化渣經處理後可應用於工程或產品原料，其處理方式依經濟部之「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>附表「編號9、電弧爐煉鋼爐渣

（石）」規定，氧化渣再利用前，於再利用機構應先經破碎、磁選及篩分等處理程序，以達到工程所需之材料品質規格，如圖 2-3 所示，詳細說明如下：

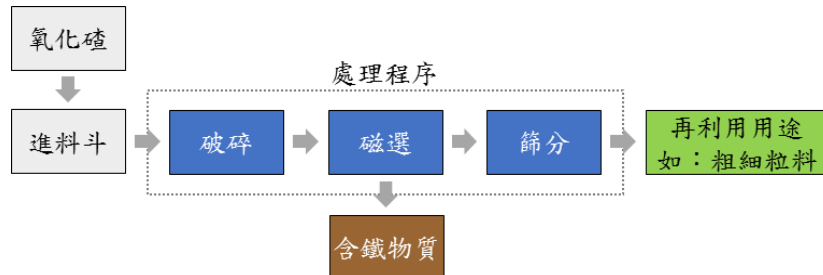


圖 2-3 氧化渣再利用處理程序

### 1. 破碎

破碎處理係指利用外力的施予，令大塊的氧化渣碎裂，使其顆粒大小及級配符合工程需要，並利於用磁選機去除高含鐵成分。目前國內普遍使用機械破碎方式，利用破碎機具，以震動或槌擊等方式進行處理。

### 2. 磁選

磁選處理係指利用電磁原理以回收氧化渣內含鐵物質，如殘鋼等，該類含鐵物質經過精製後可用於工業用途，且於後端再利用時可避免鏽蝕情形發生。

### 3. 篩分

篩分處理係指將已經完成破碎與磁選處理程序的氧化渣，利用篩分機篩成不同粒徑規格的粒料。氧化渣經過該程序後，可供作工程粒料使用。

## 2.1.3 再利用處理特別要求

氧化渣除應依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>附表「編號九、電弧爐煉鋼爐渣（石）」所規定之處理程序進行破碎、磁選及篩分外。針對氧化渣粒料可能產生之品質異常狀況，如銹水、膨脹等，本手冊特針對上述可能發生的現象，提供相對因應措施。

### 1. 磁選處理

日本對於氧化渣之含鐵質控制方法，係透過處理設備對於磁選效能的管控，降低含鐵質達設定的目標。有關日本對於電弧爐煉鋼氧化渣粒料對磁選功能上的要求，於 JIS A 5011-4(混凝土爐渣粒料-第 4 部份)<sup>[14]</sup>中，對電弧爐氧化渣作為混凝土粒料有其限制要求「爐渣含有的金屬顆粒於最後的破碎過程以磁選機分離後經輸送帶運輸，磁選機的磁場強度大於 600 高斯」。對此，參酌國內各氧化渣處理業者廠內既有之磁選設備規格，建議氧化渣之最終的破碎過程需通過至少 1,000 高斯的磁選機。

### 2. 安定性確保

國內對於鋼渣用於道路工程相關規範中有關膨脹量規定，依 CNS 15311「粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法」<sup>[8]</sup>進行膨脹性試驗，氧化渣膨脹量低於 0.5%之法規要求，根據文獻<sup>[15]</sup>的研究內容顯示氧化渣皆能符合要求。並依據「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表「編號 9、電弧爐煉鋼爐渣(石)」再利用管理方式<sup>[2]</sup>，再利用於水泥原料用途以外者，至少每月應檢測一次產品品質。

至於氧化渣粒料會造成輕微膨脹的因素，係因渣中含有水合反應較敏感之游離氧化鈣(f-CaO)、游離氧化鎂(f-MgO)等成分，而游離氧化鈣與游離氧化鎂遇水反應後產生氫氧化鈣及氫氧化鎂，進而造成渣發生體積膨脹的情況，此種膨脹只會發生一次，待其水合作用膨脹完成，即不會再發生水合膨脹。

### 3. 安定化處理方式

氧化渣粒料之輕微膨脹問題可利用安定化處理解決，其處理原理為在工程應用前以人為方式提前完成水合膨脹作用。若對氧化渣仍有膨脹之疑慮，本手冊提供電弧爐煉鋼廠下列安定化方式<sup>[13]</sup>，供選用設置。

#### (1) 自然風化法



自然風化法係直接將破碎後氧化渣送往空曠地區露天堆放，使氧化渣在常溫下降溫、淋雨、吸濕，進而達到安定化之目的。

(2) 快速處理法

快速處理法係利用熔爐產生之廢氣或其他來源  $\text{CO}_2$  和水對氧化渣進行快速安定化處理，一般在  $250^\circ\text{C}$  溫度下，經過 48 小時處理後，即可達到安定化，其原理係使  $\text{CaO}$  在高溫下與  $\text{H}_2\text{O}$  反應成  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，並進一步形成  $\text{CaCO}_3$ ，進而提高氧化渣之安定性。

(3) 水淬法

水淬法係利用高壓水柱及噴水霧將高溫熔渣流沖碎冷卻成粒渣，經處理後之氧化渣，粒徑 5mm 以下，約佔 95% 以上。

(4) 氣碎法

氣碎法與水淬法之處理方法類似，不同處在以高壓氣體取代高壓水柱沖碎高溫熔渣。也就是利用氣體擴大氧化渣與空氣的接觸面積，以達到急速降低熔融爐渣溫度。

(5) 餘熱自解法

氧化渣餘熱自解，一般係利用高溫煉鋼爐渣淋水後產生溫度應力及游離氧化鈣(f-CaO)吸水(水蒸汽)消解後產生的體積膨脹應力差等，使氧化渣冷卻、龜裂及粉化。

(6) 熱潑法

熱潑法係將煉鋼爐排出之熔渣先用渣桶運送到熱潑場，再將熔渣倒在熱潑床上。待熔渣自流成渣餅稍冷後，噴水使之急速冷卻，渣餅因而龜裂。待降溫後反覆上述過程，渣餅也因溫度變化而再次龜裂。當渣層總厚度達一定程度時，用推土機推起，用磁盤吊選出大塊殘鋼，送至渣場堆置以便加工利用。

(7) 淺盤潑法

淺盤潑法也稱為淺盤水淬法，將煉鋼爐排出熔渣倒入大盤中以形成渣餅，再噴水急冷卻使渣餅龜裂。當溫降後，把塊渣由淺盤倒進受渣車進行第二次噴水冷卻，渣塊繼續龜裂粉化。最後再把渣塊由運渣車倒入渣池內進行第三次冷卻，渣塊也進一步龜裂粉化，將冷卻後之爐渣由池中取出脫水後，即可送至渣場備用。

#### (8) 改質法

在爐渣出渣前將赤土改質劑，其加入量約為 3~6% 加入渣罐中，採用機械攪拌約 10 分鐘，使爐渣中之 f-CaO 降至 1% 以下。此種方法之原理是使 CaO 和 SiO<sub>2</sub>、Fe 形成 2CaO·SiO<sub>2</sub> 和 2CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，以抑制爐渣因 CaO 所造成之潛在性膨脹。

## 2.2 氧化渣之一般性質

### 2.2.1 化學性質

氧化渣從冶金化學角度分析上，主要為含有鈣、鎂、鋁、鐵和矽等元素組成的 CaO(MgO)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)-SiO<sub>2</sub> 三元系統，如圖 2-4 所示，其介於矽酸鹽水泥熟料和高爐粒料間。有關氧化渣之化學成分含量如表 2-1 所列，各主要化學成分之特性如下說明<sup>[16][17][18]</sup>。

1. 氧化鈣(CaO): CaO 為氧化渣主要成分，由於大部分冶煉過程需要加入過量石灰石，因此氧化渣 CaO 含量也占有一定比例，在製程中加入 CaO 主要目的為提高活性，但過多 CaO 也會造成活性降低，而在緩慢降低溫度的環境底下容易產生粉塵化現象，使煉鋼爐渣活性受到影響。
2. 二氧化矽(SiO<sub>2</sub>): SiO<sub>2</sub> 為氧化渣的次多成分，氧化矽在煉鋼爐渣中的含量主要以鹽基度活性作為判斷標準，一般氧化矽在一定量時能生成活性物質 C<sub>3</sub>S、C<sub>2</sub>S 等，但量過多時反而會使活性降低。
3. 氧化鋁(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 亦是決定爐渣活性之成份之一，在爐渣中易形成鋁酸鹽和鋁矽酸鹽等礦物，其含量愈多活性愈大。

4. 氧化鎂(MgO)：在氧化矽內 MgO 與 SiO<sub>2</sub> 及 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 結合成穩定型化合物，當 MgO 增加時會提高氧化矽之活性，因此氧化矽中 MgO 含量多寡與其活性大小有關。
5. 硫(S)：S 在爐矽中含量極低，約在 0.05%~0.08%之間，通常與 CaO 結合成 CaS，與水作用生成 Ca(OH)<sub>2</sub>，但在有 Mn 存在情況下易生成 MnS。
6. 氧化錳(MnO)：MnO 含量在 1%~8%，氧化錳存在會影響健度。
7. 游離氧化鈣(f-CaO)：f-CaO 吸收大氣中之水分與二氧化碳(CO<sub>2</sub>)而發生膨脹現象。
8. 其他雜質：氧化矽內可能仍含各類物質，由於含量甚低，一般認為只會使氧化矽微觀結構更加開放，進而增加其活性。

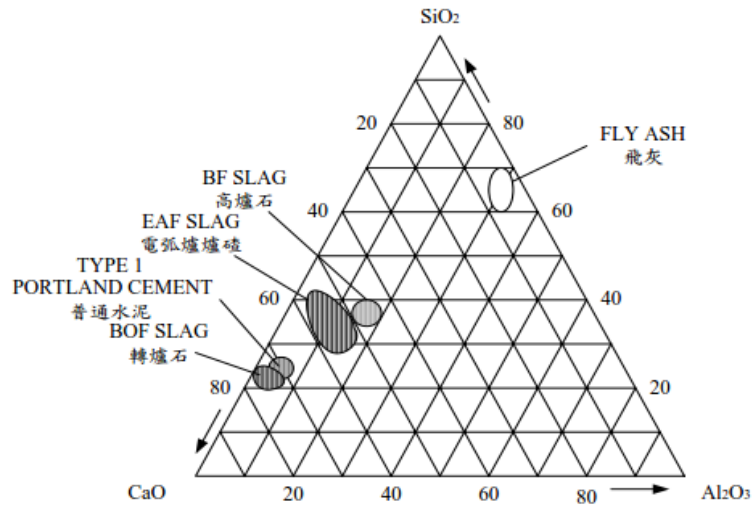


圖 2-4 氧化矽 CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 三相圖<sup>[16]</sup>

表 2-1 氧化矽化學成分之含量(鋼鐵公會統計)<sup>[1]</sup>

化學物質	碳鋼矽含量 <sup>1</sup> (%)	不銹鋼矽含量 <sup>2</sup> (%)
氧化鐵(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	20.1~38.19	0.38~0.52
氧化鈣(CaO)	23.39~37.44	26.1~39.72
二氧化矽(SiO <sub>2</sub> )	13.81~20.43	22.56~34.6
三氧化二鋁(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.69~11.27	4.12~5.58
氧化鎂(MgO)	1.89~9.98	4.90~12.4
氧化錳(MnO)	1.29~3.26	2.77~4.06
硫(S)	0.05~0.08	0.06~0.08
三氧化硫(SO <sub>3</sub> )	0~0.16	0~0.03
游離氧化鈣(free-CaO)	0~0.16	0~0.16
註：		
<sup>1</sup> 103-105年度各碳鋼廠產出檢驗統計資料。		
<sup>2</sup> 105年度各不銹鋼廠產出檢驗統計資料。		

### 2.2.2 物理性質

氧化渣為多種礦物組成之固體，其物理性質將隨化學性質之變化而有不同，有關國內各鋼廠(包含中龍、慶欣欣、龍慶、東和、聯成、海光、協勝發、豐興、羅東、易昇、威致、建順等 12 家碳鋼廠與華新麗華、榮剛、燁聯、唐榮等 4 家不銹鋼廠)氧化渣之物理性質經台灣鋼鐵工業同業公會 106 年 7 月委託國立中央大學進行氧化渣基本物理特性試驗<sup>[19]</sup>，所分析之樣品均為鋼廠剛產出之氧化渣的粒料。氧化渣之一般物理特性說明<sup>[16][17][19]</sup>如下：

1. 外觀：氧化渣呈現灰色或灰黑色，以塊狀顆粒為主，次為粗顆粒，粉末狀顆粒僅占少數，其粒型凹凸有菱角，且表面粗糙多孔，屬孔隙結構。
2. pH 酸鹼值：氧化渣酸鹼值略呈鹼性，其中碳鋼氧化渣酸鹼值在 9.62~11.01 之間，不銹鋼氧化渣酸鹼值在 10.22~12.39 之間<sup>[16][19]</sup>。
3. 比重：氧化渣因鐵質氧化物金屬含量較高，比重介於 2.500~3.700 之間，平均值為 3.100，比重較天然粒料高。
4. 吸水率：氧化渣吸水率大約在 1.5%~6.8%之間，平均值為 3.6%，較天然粒料之吸水率高，此係為氧化渣多孔隙所造成。此外文獻亦有將不同電弧爐渣破碎後以不同之粒徑分別進行試驗，結果顯示氧化渣各粒徑的比重及吸水率，並無明顯之差異，顯示氧化渣質地與孔隙含量尚稱均勻。

國內各鋼廠 106 年產出之氧化渣粗、細粒料之密度、比重與吸水率分析如表 2-2 及表 2-3。

表 2-2 氧化矽粗粒料密度與吸水率試驗結果<sup>[19][20]</sup>

試驗項目		碳鋼氧化矽	不銹鋼氧化矽
烘乾狀態	密度，23°C，kg/m <sup>3</sup>	2860~3600	2750~3030
	比重，23°C/23°C	2.868~3.670	2.752~3.036
面乾內飽和狀態	密度，23°C，kg/m <sup>3</sup>	2990~3700	2880~3060
	比重，23°C/23°C	2.996~3.708	2.892~3.072
視密度，23°C，kg/m <sup>3</sup>		3100~3800	3130~3330
視比重，23°C/23°C		3.108~3.814	3.139~3.339
吸水率，%		0.9~4.48	1.2~5.08

表 2-3 氧化矽細粒料密度與吸水率試驗結果<sup>[17][19]</sup>

試驗項目		碳鋼氧化矽	不銹鋼氧化矽
烘乾狀態	密度，23°C，kg/m <sup>3</sup>	3080~3690	2500~3180
	比重，23°C/23°C	3.091~3.695	2.505~3.19
面乾內飽和狀態	密度，23°C，kg/m <sup>3</sup>	3130~3740	2690~3200
	比重，23°C/23°C	3.133~3.751	2.693~3.205
視密度，23°C，kg/m <sup>3</sup>		3220~3910	3020~3270
視比重，23°C/23°C		3.225~3.915	3.28~3.3029
吸水率，%		1.34~4.04	0.48~7.5

5. 耐磨性：氧化矽表面堅硬，其耐磨性高於天然粒料。由文獻資料顯示，天然砂、高爐爐渣、煉鋼爐渣(氧化矽)三者之耐磨指數分別為 1、0.96、0.7，其中耐磨指數越低代表耐磨度越高，可見氧化矽耐磨度優異，適用於鋪面材料<sup>[16]</sup>。

各鋼廠產出之氧化矽洛杉磯磨損試驗及健度試驗結果如下表 2-4。

表 2-4 氧化矽洛杉磯磨損及健度試驗結果<sup>[17][19][20]</sup>

試驗項目	碳鋼氧化矽	不銹鋼氧化矽
洛杉磯磨損率，%	20~37	30~40
粗粒料，健度(5次循環，損失%)，硫酸鈉	1~2	0~2
細粒料，健度(5次循環，損失%)，硫酸鈉	1~3	0~2

6. 膨脹性：依 CNS 15311「粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法」<sup>[8]</sup>進行膨脹性試驗，各鋼廠氧化矽膨脹量皆能低於 0.5%之法規要求。

國內各鋼廠產出之氧化矽之水合膨脹試驗結果如下表 2-5。

表 2-5 國內各鋼廠水合膨脹試驗結果<sup>[19]</sup>

浸水膨脹試驗(7天平均值)%	碳鋼氧化矽	不銹鋼氧化矽
	0~0.05	0.02~0.18

## 2.3 氧化矽應用於道路級配粒料基底層之規格要求

### 2.3.1 氧化矽應用於道路級配粒料基底層之試驗標準及施工規範

由於國內天然料源短缺，設計道路已將級配粒料基層及底層擇一而用，亦即等級高道路採用品質規格要求較高的級配粒料底層，而次要道路採用品質規格要求較低的級配粒料基層。文獻<sup>[16][17][18][19][20]</sup>知氧化矽的品質可達使用於級配粒料基層<sup>[9]</sup>及級配粒料底層<sup>[10]</sup>規格的要求，在第三章另有工程性質說明。表 2-6 係彙整國內氧化矽應用於道路級配粒料基層及底層之試驗標準及施工規範。

表 2-6 國內外氧化矽應用於道路級配粒料基底層之試驗標準及施工規範

項目	試驗標準 <sup>[8]</sup> 及施工規範
級配粒料基層及底層	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料</li> <li>2. CNS 15358 公路或機場底層、基層用碎石級配粒料</li> <li>3. 公共工程施工綱要規範第02722章級配粒料基層<sup>[9]</sup></li> <li>4. 公共工程施工綱要規範第02726章級配粒料底層<sup>[10]</sup></li> <li>5. 級配粒料基層、底層及面層用材料（美國材料試驗學會）ASTM D1241-07 Standard Specification for Materials for Soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses</li> <li>6. 公路或機場底層、基層用碎粒料級配粒料（美國材料試驗學會）ASTM D2940/D2940M-09 Standard Specification for Graded Aggregate Material For Bases or Subbases for Highways or Airports</li> </ol>

### 2.3.2 氧化矽粒料之環保規範

依據民國 108 年 5 月 20 日修正發布之「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>規定，氧化矽於出廠前，應依中央主管機關公告之檢測方法，每年至少檢測一次有毒重金屬及戴奧辛項目，經檢測未超過本法公告之有害事業廢棄物認定標準者，始得進行再利用；另至少每月檢測一次氫離子濃度（pH 值），連續三個月之 pH 檢測值小於十二·五者，得每年至少檢測一次。各銅廠之氧化矽有毒重金屬毒性特性溶出及氫離子濃度指數試驗結果<sup>[19]</sup>與管制標準如下表 2-7，均可符合相關環保規範。然表中結果氫離子濃度指數偏高，得知是呈現鹼性反應，pH 值介於 9.62~12.39，在使用氧化矽時必須特別留意工址地下水的情況，當地下水水位高於氧化矽基底層高程時，避免使用，以防止水質 pH 值偏高。



表 2-7 氧化矽有毒重金屬毒性特性溶出及氫離子濃度指數結果[19]

檢測項目	規範值 <sup>[2]</sup> (mg/L)	檢測方法 <sup>註</sup>	碳鋼氧化矽檢 測值	不銹鋼氧化矽 檢測值
硒	≤1.0	NIEA R201.15C NIEA R300.10C	ND~0.053	ND~<0.1
鋇	≤100.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M111.01C	0.144~5.74	0.339~0.902
鎘	≤1.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M111.01C	ND~0.021	ND
鉛	≤5.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M111.01C	ND~0.334	ND
銅	≤15.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M111.01C	ND~0.024	ND
鉻	≤5.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M111.01C	ND~0.092	ND~<0.05
六價鉻	≤2.5	NIEA R201.15C NIEA R309.12C	ND~<0.092	ND~<0.01
砷	≤5.0	NIEA R201.15C NIEA R318.12C	ND~0.004	ND~0.001
汞	≤0.2	NIEA R201.15C NIEA R314.12C	ND~<0.002	ND
氫離子濃度指數	2~12.5 (溫度)	NIEA R208.04C	9.62~11.01 (24.8~25.1°C)	10.22~12.39 (24.7~25.1°C)

註：

NIEA R201.15C：事業廢棄物毒性特性溶出程序

NIEA R300.10C：事業廢棄物萃出液中總硒檢測方法-連續式氫硼化鈉還原原子吸收光譜法

NIEA R306.13C：事業廢棄物萃出液中重金屬檢測方法-酸消化法

NIEA M111.01C：火焰式原子吸收光譜法

NIEA R309.12C：事業廢棄物萃出液中六價鉻檢測方法-比色法

NIEA R318.12C：事業廢棄物萃出液中總砷檢測方法-連續式氫化砷原子吸收光譜法

NIEA R314.12C：事業廢棄物萃出液中總汞檢測方法-冷蒸氣原子吸收光譜

NIEA R314.12C：廢棄物之氫離子濃度指數(pH 值)測定方法-電極法

### 2.3.3 氧化矽再利用管理規定

氧化矽之再利用須遵循「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>附表「編號九、電弧爐煉鋼爐矽(石)」辦理，其用途包括水泥生料、瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、管溝回填料用控制性低強度回填料用粒料原料、管溝回填料用控制性低強度回填料原料、鋪面工程(道路、人行道、貨櫃場或停車場)之基層或底層級配粒料原料、紐澤西護欄原料，或經高壓蒸氣處理後作為非構造物用預拌混凝土粒料原料、非構造物用預拌混凝土原料、水泥製品用粒料原料或混凝土(地)磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料。其中再利用於鋪面工程之基層或底層級配粒料者，其使用應符合下列規定：

1. 再利用於水泥生料用途以外者，經破碎、磁選及篩分之產出物應至少每月委託檢測機構採樣，並依 CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法<sup>[8]</sup>檢測一次，經檢測之七天膨脹量未超過 0.5%者，始得進行再利用，氧化矽(石)經破碎、磁選及篩分之產出物連續 3 個月之膨脹量檢測結果符合規定者，得每半年至少檢測一次。
2. 膨脹量檢測之採樣，應會同檢測單位執行，且再利用機構應於採樣前十日，連線至指定申報區提報採樣通知。變更採樣時間及地點未於十日前重新提報者，其檢測結果不予採信。
3. 膨脹量檢測報告應由經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認協議之認證機構所認證之實驗室，依該認證機構所定格式辦理。再利用機構應於每月月底前，連線至指定申報區提報前月膨脹量檢測報告。
4. 再利用用途之產品應符合下列規定：
  - (1) 鋪面工程之基層或底層級配粒料產品品質應符合該項產品之國家標準或公共工程施工綱要規範。
  - (2) 再利用產品除水泥外，至少每月應由經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認協議之認證機構所認證之實驗室檢測一次產品品質。但品質規範項目屬現地試驗者，不受本文檢測實驗室資格

之限制。

- (3) 再利用機構應於每月月底前，連線至指定申報區提報前月再利用產品檢測報告及工程採購契約書。但再利用產品以該項產品之國家標準或公共工程施工綱要規範為品質規範者，得免提報工程採購契約書。
5. 再利用用途之產品屬鋪面工程之基層或底層級配粒料者，其使用應符合下列規定：
- (1) 不得使用於依都市計畫法劃定為農業區、保護區、依區域計畫法劃定為特定農業區、一般農業區及依非都市土地使用管制規則劃定各使用分區內之農牧用地、林業用地、養殖用地、國土保安用地、水利用地，及上述分區內暫未依法編定用地別之土地範圍內。
  - (2) 不得使用於依國家公園法劃定為國家公園區內，經國家公園管理機關會同有關機關認定作為本目之一限制使用之土地分區或編定使用之土地範圍內。
  - (3) 不得使用於屬依飲用水管理條例公告之飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離、依區域計畫法劃定之水庫集水區及依自來水法劃定之自來水水質水量保護區範圍內。
  - (4) 不得使用於屬依濕地保育法公告之國家重要濕地、依文化資產保存法公告之自然保留區、依自然保護區設置管理辦法公告之自然保護區、依野生動物保育法公告之野生動物保護區及野生動物重要棲息環境等生態敏感區範圍內。
  - (5) 粒徑小於 4.75mm 者，應先以其他工程材料隔離。
  - (6) 鋪面工程之面層應採用瀝青混凝土面層、水泥混凝土面層或磚材面層，且底層施工完成後六個月內，應完成面層施作。

6. 再利用用途產品為鋪面工程之基層或底層級配粒料者，其銷售應符合下列規定：

- (1) 鋪面工程之基層或底層級配粒料產品銷售對象以營造業為限。
- (2) 再利用機構應於產品出貨單上載明使用電弧爐煉鋼爐渣（石）之再利用種類。
- (3) 再利用機構應與鋪面工程之基層或底層級配粒料產品使用者簽訂記載本管理方式規定使用限制、使用用途工程名稱、施工工期及產品使用地點、用途（道路、人行道、貨櫃場或停車場之鋪面工程）與數量之買賣契約書，並附具工程圖樣及說明書；另再利用產品供作公共工程使用者外，應取得經土地所有權人同意書面文件。
- (4) 再利用機構於鋪面工程之基層或底層級配粒料產品出廠前，應先連線至指定申報區，提報該產品買賣契約書、工程圖樣及說明書、土地所有權人同意書面文件（供作公共工程使用者，免附）。變更契約書內容或終止契約時，亦同。
- (5) 再利用機構應於產品出廠後四日內，連線至指定申報區，提報該批再利用產品銷售對象、出廠時間、使用用途工程名稱、該批產品所使用本編號再利用種類之產源事業、數量、使用地點及範圍。

## 第三章 氧化矽再生粒料之級配粒料基底層工程性質 與應用實例

### 3.1 適用範圍

#### 1. 工程用途

使用氧化矽再生粒料作為級配粒料，應用於新建或養護道路工程之基底層時，其級配粒料品質除符合工程主辦機關之規範要求外，並符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表「編號 9、電弧爐煉鋼爐矽(石)」再利用管理方式<sup>[2]</sup>之環境面品質要求。

#### 2. 使用區域

依據「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表「編號 9、電弧爐煉鋼爐矽(石)」再利用管理方式，含氧化矽再生粒料之級配粒料底層，其使用區域應符合下列規定：

- (1) 不得使用於依都市計畫法劃定為農業區、保護區、依區域計畫法劃定為特定農業區、一般農業區及依非都市土地使用管制規則劃定各使用分區內之農牧用地、林業用地、養殖用地、國土保安用地、水利用地，及上述分區內暫未依法編定用地別之土地範圍內。
- (2) 不得使用於依國家公園法劃定為國家公園區內，經國家公園管理機關會同有關機關認定作為本目之一限制使用之土地分區或編定使用之土地範圍內。
- (3) 不得使用於屬依飲用水管理條例公告之飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離、依區域計畫法劃定之水庫集水區及依自來水法劃定之自來水水質水量保護區範圍內。
- (4) 不得使用於屬依濕地保育法公告之國家重要濕地、依文化資產保存法

公告之自然保留區、依自然保護區設置管理辦法公告之自然保護區、依野生動物保育法公告之野生動物保護區及野生動物重要棲息環境等生態敏感區範圍內。

### 3.2 工程性質

依據國內針對碳鋼與不銹鋼之氧化矽再生粒料試驗<sup>[17][19][20]</sup>，其粒料物性結果已如第二章所述，本節主要說明道路工程基底層級配粒料其力學參數的標準，現階段用來表示土壤以及碎石級配料等材料工程強度的方式，大抵有 C.B.R. 值、R 值、K 值、M R 值等數種，各種方法之間雖有轉換公式或圖表，惟其可靠程度與合理性<sup>[21][22]</sup>往往需再確認。本手冊以施工綱要規範中的加州載重比值(C.B.R.)及土壤阻力值(R)二種力學參數為依據，由於國內級配粒料基底層試驗大多採用加州載重比法，因此本節主要說明應用 C.B.R. 法的工程性質。

C.B.R. 試驗主要目的為測定道路工程級配粒料之承载力，其為路基土壤或路面粒料與標準優良級配碎石承载力之百分比，C.B.R 值愈高者代表承载力愈佳。本手冊收集之文獻係依據中華民國國家標 CNS12382 試驗法<sup>[8]</sup>進行試驗，A 氧化矽級配粒料及 B 氧化矽級配粒料二者皆符合底層第一類型級配粒料規格及品質，其級配如表 3-1，經夯實後整理得圖 3-1、圖 3-2 及表 3-2 所示。以 95% 的壓實度來看，A 氧化矽級配粒料 C.B.R. 有 104.7，B 氧化矽級配粒料 C.B.R. 有 158，若以 98% 的壓實度來看，A 氧化矽級配粒料 CBR 有 149.6，B 氧化矽級配粒料 C.B.R. 有 237，均達到施工綱要規範第 02726 章<sup>[10]</sup>  $CBR \geq 80$  及第 02722 章<sup>[9]</sup>  $C.B.R. \geq 30$  要求，因此未來在現地施工時建議要有足夠的滾壓及含水量控制，以達到應符合的承载力<sup>[25][26]</sup>。

表 3-1 A 氧化矽和 B 氧化矽級配分佈及其工程性質<sup>[23][24]</sup>

試驗篩(mm)		50.0	25.0	9.50	4.75	2.00	0.425	0.075
累積通過重量百分率(%)	A 氧化矽	100	96	44	29	17	8	5.5
	B 氧化矽	100	100	54	41	24	12	6.9
	規範上下限	100	-	30-65	25-55	15-40	8-20	2-8
試驗性質					A 氧化矽		B 氧化矽	
比重(粗/細)					2.927	3.253	3.610	3.380
吸水率(粗/細)(%)					3.5	3.16	3.9	2.8
洛杉磯磨損率(%)(粗粒料)					28		17	
含砂當量(%)(細粒料)					97		53	
硫酸鈉健度損失量(%)					1.0		0.2	
塑性指數					NP		NP	

表 3-2 不同夯實能量之修正 C.B.R 值<sup>[23][24]</sup>

氧化矽	最大乾密度(kg/m <sup>3</sup> )	夯實次數			95%壓實度	98%壓實度
		10	30	65		
A 氧化矽	2467	42.2	119.5	189.4	104.7	149.6
B 氧化矽	2670	74	221	332	158	237

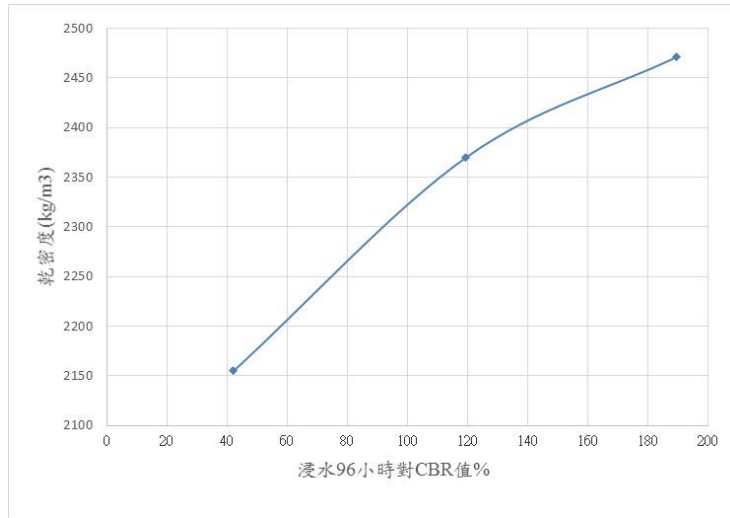


圖 3-1 A 氧化矽級配粒料乾密度與 CBR 關係圖<sup>[23]</sup>

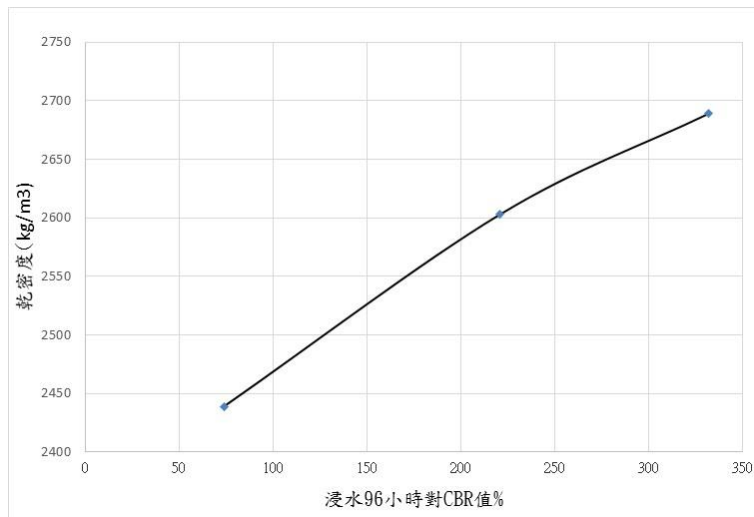


圖 3-2 B 氧化矽級配粒料乾密度與 CBR 關係圖<sup>[24]</sup>

### 3.3 應用實例

電弧爐氧化矽應用於道路工程在國外已有多年經驗，其主要原因為氧化矽具有堅硬、高密度、耐久性佳與良好的粒形等特性，除可應用於道路工程之路基、基層、底層與路肩，也是應用於鋪面工程之瀝青混凝土粒料的良好材料<sup>[7][27][28]</sup>。在國內電弧爐氧化矽瀝青混凝土目前應用實績已有逐漸增多趨勢<sup>[7]</sup>，而電弧爐氧化矽級配料用於道路基底層實績紀錄較少，主要原因是鋼爐矽種類多，有的因製程及成分關係，用於路基、



基底層遇水後會產生膨脹，但電弧爐氧化矽其膨脹性低，異於其他鋼爐矽，故電弧爐氧化矽較其他鋼爐矽適合應用於道路基底層。以往針對電弧爐氧化矽應用於道路之學術研究成果<sup>[17][19][28][29]</sup>彙整如下：

1. 電弧爐氧化矽擁有低扁平率與高破碎面比例，且表面粗糙多角，對於粒料互鎖有提升效果，作為道路工程之基底層承載能力增高。
2. 電弧爐氧化矽具含泥量低、磨損率低與健度佳等特性，且依照 CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法<sup>[8]</sup>試驗結果顯示，其浸水膨脹比低，符合規範要求。
3. 電弧爐氧化矽之物化性質與天然粒料相比差異性不大，並符合我國最新公告之 CNS 規範。

目前國內道路工程中已有使用含氧化矽級配粒料的作為道路底層之經驗，以下例舉國內工程實例，如表 3-3 以說明氧化矽級配粒料工程使用成效及環境監測。

表 3-3 國內道路底層應用氧化矽級配粒料的實例

鋪設地點	氧化矽種類	氧化矽使用比例(%)	鋪設厚度	鋪設時間
某鋼廠內道路 試鋪工程	不銹鋼	100	60 cm 厚 90 cm 厚	106.05
新北市三重區 停車場	碳鋼	100	30cm 厚	107.02

實例一：某鋼廠內道路試鋪工程<sup>[7][30]</sup>

某鋼廠於 106 年度因自辦廠內道路工程，委託中華鋪面工程學會協助辦理氧化矽瀝青混凝土及氧化矽級配粒料底層道路鋪設之規劃，而試鋪路段總長約為 181 公尺，共分四段詳見圖 3-3，分列如下：

1. 南三路，圖 3-3 位置 D，鋪設範圍為 74m\*9.4m。
2. 二道門南側道路，圖 3-3 位置 B，鋪設範圍為 22m\*60m。
3. 直棒廠西側氣體場新設道路，圖 3-3 位置 C，鋪設範圍為 87m\*7.2m。

4.二道門新設地磅路段，圖 3-3 位置 A，鋪設範圍為 34m\*4.5m。

上述路段為某鋼廠內車輛通行道路，每日重複車輛進出，約 350 輛預期可有效展現不銹鋼氧化矽瀝青鋪面之特性，該路段業於 106 年 5 月完工。

氧化矽基底層鋪設於直棒街及地磅路段。直棒街，底層以天然石改良長 20m\*深 60cm，面層為天然石密級配瀝青混凝土；鄰接氧化矽改良底層長 20m\*深 60cm，而其面層仍為天然石密級配瀝青混凝土；再鄰接氧化矽改良底層長 20m\*深 60cm，而其面層為氧化矽瀝青混凝土；最後地磅路段氧化矽改良底層長 27m\*深 90cm，而其面層為氧化矽瀝青混凝土 20cm。現場鋪面平坦度標準佳，無車轍現象，氧化矽的基底層為鋪面整體的結構提供足夠的承載能力。

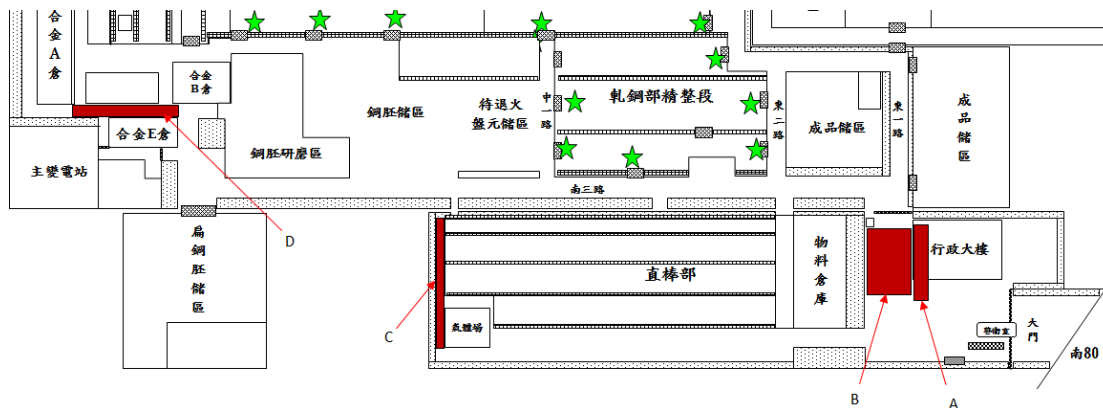


圖 3-3 某鋼廠內鋪設位置圖

施工時分層滾壓，每層均控制在 20cm 內，每層厚度品管誤差 1cm 內，壓實度均在 95%以上。

另廠內試鋪路段亦進行環境相關監測以驗證氧化矽之環境友善性。環境監測結果如表 3-4 所示，初期相關檢測結果均遠低於地下水污染監測標準(第二類)及土壤管制標準，顯示氧化矽應用於道路工程中，並無污染情形發生。

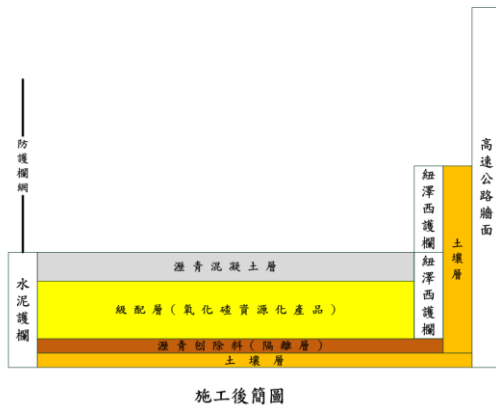
表 3-4 不銹鋼廠內試鋪道路段環境監測結果

檢驗項目	單位	地下水污染 監測標準 (第二類)	地下水監測結果(鋪 設完成 2 個月後)	單位	土壤污染 管制標準	土壤監測結果 (鋪設完成 3 個 月後)
pH	-	-	7.1	-	-	-
水溫	°C	-	26.1	°C	-	-
砷	mg/L	0.25	0.0013	mg/kg	60	9.95
鎘	mg/L	0.025	ND	mg/kg	20	<0.33
鉻	mg/L	0.25	0.002	mg/kg	250	80
銅	mg/L	5	ND	mg/kg	400	13
鉛	mg/L	0.05	ND	mg/kg	2000	15.3
鋅	mg/L	25	0.013	mg/kg	2000	68.44
汞	mg/L	0.01	0.0002	mg/kg	20	ND
鎳	mg/L	0.5	0.009	mg/kg	200	57

實例二：新北市三重區停車場<sup>[31]</sup>

本工程施作位置於新北市三重區，在汐止五股高架段中下方，自國道路一段第 107 號停車格後紅線起至 144 號停車格前紅線止，其佈設剖面簡圖如圖 3-4，本工程施作方式是先整地，後續於土壤面層鋪上瀝青刨除料，接續鋪上 30cm 氧化矽級配料底層，再以夯實機或壓路機將級配料進行夯實，經檢測厚度及壓實度合乎規範後，接續鋪上瀝青混凝土待硬固後，標上格線即完成工程，施工後期完工現場如下圖 3-5 所示。現場鋪後使用性良好，平坦度佳，無凹陷車轍現象，氧化矽級配料底層發揮穩定承載的能力。

第三章 氧化矽再生粒料之級配粒料  
 基底層工程性質與應用實例



## 第四章 氧化矽之再利用運作與管理

### 4.1 一般原則

現行事業廢棄物再利用係依廢棄物清理法<sup>[32]</sup>第 39 條規定，授權各中央目的事業主管機關訂定事業廢棄物再利用相關規定及掌理再利用相關業務。再利用管理相關法令依事業廢棄物產生、清除至再利用過程，除前開事業廢棄物再利用管理辦法外，尚有廢棄物再利用前之貯存、清除、紀錄申報等相關規定。各目的事業主管機關依其管理辦法之規定，針對性質安定或再利用技術成熟之廢棄物種類，得將其列為附表再利用種類及訂定管理方式，使再利用機構得逕依該再利用種類及管理方式之規定進行再利用，毋需申請再利用許可。

電弧爐煉鋼爐矽係屬經濟部掌理之業務範圍，有關氧化矽之再利用係依據「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>之附表「編號 9、電弧爐煉鋼爐矽(石)」規定辦理，其再利用機構係指氧化矽處理為再生粒料之業者，應具備相關資格如下：

1. 氧化矽再利用機構，係指將氧化矽處理為再生粒料之機構，再利用機構依再利用契約書屬安定化處理執行單位者，須具備安定化處理設備。
2. 依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」規定，應為具有合法登記或符合免辦理登記規定之工廠。
3. 產品項目至少應包含道路工程之基層或底層級配粒料。

再利用機構設置應符合下列規定：

1. 廠房之建築應堅固，地面應採用水泥混凝土或其他易清理之材料。
2. 工廠廠區周圍應設置二·四公尺高結構體圍牆或其他適當阻隔之設施，廠內及廠外連接主要交通之道路應鋪設瀝青混凝土或水泥混凝土路面。

3. 廠內各作業場所應明確區隔，製造作業區與行政作業區應明確劃分。
4. 原料、物料、半製品及成品之儲存場所，應適當隔離。
5. 工廠內部應有充分採光、照明及通風設備。

## 4.2 產出

依據廢棄物清理法<sup>[32]</sup>第 31 條規定，事業廢棄物產出階段應於每月月底前，連線申報前月影響廢棄物產出之主要原物料使用量及主要產品產量或營運狀況資料、事業廢棄物產出之種類及描述、數量、再生資源項目、數量等資料。另針對電弧爐煉鋼爐渣部分，係依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」規定，於出廠前應檢驗重金屬毒性特性溶出程序、戴奧辛總毒性當量濃度及氫離子濃度（pH 值）等項目，其檢測值不得超過「有害事業廢棄物認定標準」，詳表 4-1。

表 4-1 有害事業廢棄物認定標準

項次	檢驗項目	品質標準(上限)	
1	毒性特性溶出程序 (毫克/公升)	總鉛	5.0
		總鎘	1.0
		總鉻	5.0
		總硒	1.0
		總銅	15.0
		總鋇	100.0
		六價鉻	2.5
		總砷	5.0
		總汞	0.2
2	含 2,3,7,8-氯化戴奧辛及呋喃同源物等十七種化合物之總毒性當量濃度 (ng I-TEQ/g)	1.0	
3	氫離子濃度(pH 值)	12.5	

## 4.3 貯存

依據廢棄物清理法<sup>[32]</sup>第 31 條規定，氧化矽所屬之事業（電弧爐煉鋼廠）應於每月 5 日前連線申報其前月月底廢棄物貯存於廠內之貯存情形資料。氧化矽應貯存於露天場所，地面應採用水泥混凝土或其他易清理之材料，並設有排水收集設施。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「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>之附表「編號9、電弧爐煉鋼爐渣(石)」規定，有關於再利用機構廠內貯存應符合規定如下列：

1. 氧化渣(石)及還原渣(石)不得混合貯存。
2. 氧化渣(石)及其經安定化處理後之產出物應於獨立區域分別貯存，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。
3. 電弧爐煉鋼爐渣(石)及再利用用途產品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。

#### 4.4 清除與再利用處理

依據廢棄物清理法第31條規定，清除指定公告事業產出之廢棄物者，清除者應於廢棄物清運出事業廠後48小時內載運廢棄物至處理、再利用、輸出者。針對氧化渣處理及再利用業者，應據「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>之附表「編號9、電弧爐煉鋼爐渣(石)」相關規定辦理，以滿足環境面之管理要求，應注意事項如下列。

1. 進料與貯存
  - (1) 進料時，應查驗鋼鐵廠所檢附之試驗報告，有毒重金屬毒性特性溶出程序、戴奧辛總毒性當量濃度及氫離子濃度(pH值)，等項目之檢測值不得超過「有害事業廢棄物認定標準」，詳表4-1。
  - (2) 卸料時，可目測該批物之組成成分，是否摻雜異物，並留存進料紀錄。
  - (3) 廠內若有同時收受氧化渣及還原渣，兩者進料後應分別貯存。另原料、物料、半製品及成品之儲存場所，應適當隔離避免發生混料情形。

(4) 氧化矽應貯存於露天場所，地面應採用水泥混凝土或其他易清理之材料，並設有排水收集設施。排水通道應保持暢通，能避免發生污水溢散情形。

(5) 各貯存區宜明確標示名稱。

## 2. 再利用處理

(1) 大粒徑之氧化矽，應先經過破碎機軋製成碎粒料規格。

(2) 磁選機之磁選能量設定值，應能有效篩分出氧化矽內含鐵金屬。鐵金屬在回收運送過程中，應注意避免發生外洩情形。

(3) 篩分機之篩分柵網，應定期現場檢查有無變形或破損情形發生。

(4) 分離之鐵金屬物品應儲放於獨立空間，並有適當隔離設施能避免與其他物料發生混料情形。

## 3. 再利用用途產品貯存與出廠檢測

(1) 貯存場所毗鄰農業用地時應設置截流溝渠，且應防止貯存場所之水漫流至貯存場所外。若為室內貯存者則不在此限。

(2) 建議採取分類分區方式貯存，且明確標示再利用用途產品類別。

(3) 再利用用途產品貯存量超過該再利用用途產品前六個月之累積銷售量時，應停止收受鋼鐵廠之氧化矽進廠。

(4) 依規定至少每年執行一次有毒重金屬毒性特性溶出程序及戴奧辛總毒性當量濃度項目檢驗，符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」之附表「編號9、電弧爐煉鋼爐渣(石)」標準方可進行再利用，詳如表 4-2。



表 4-2 氧化矽經再利用程序之產出物檢驗標準

項次	檢驗項目	品質標準(上限)	
1	毒性特性溶出程序 (毫克/公升)	總鉛	4.0
		總鎘	0.8
		總鉻	4.0
		總硒	0.8
		總銅	12.0
		總鋇	10.0
		六價鉻	0.2
		總砷	0.4
		總汞	0.016
2	含 2,3,7,8-氯化戴奧辛及呔喃同源物等十七種化合物之總毒性當量濃度 (ng I-TEQ/g)	0.1	

上表中檢測之採樣應由檢測單位執行，且再利用機構應於採樣前十日，連線至指定申報區提報採樣通知。變更採樣時間及地點未於十日前重新提報者，其檢驗結果不予採信。檢測報告應由環保主管機關核發許可證之檢驗測定機構依其所定格式辦理，並由再利用機構於每年三月前連線至指定申報區提報上年度檢測報告。

#### 4. 再利用用途產品運送

- (1) 送貨單上，應標示再利用之用途、數量、出廠車輛車號、時間、車程、磅重、載重、駕駛簽名文件。
- (2) 應隨車檢附有毒重金屬毒性溶出程序及戴奧辛總毒性當量濃度檢驗報告。
- (3) 在運送時，運送車車斗應加裝帆布或其他遮蓋裝置，以防止粉塵逸散。

### 4.5 流向管理

於再利用管理中，為避免事業廢棄物有不當棄置導致污染環境，故環保署藉由網路申報機制之建立進行即時管理，並明確於法令中訂定應依規定申報之事業別與不同事業角色於各階段應申報之項目及頻率，以利主管機關有效掌握及追蹤事業廢棄物之流動及再利用現況。申報相關法令之規範，事業廢棄物自產源產出後，倘屬公告之事業，則應申報廢

棄物產出量、貯存量、清除、處理及再利用等資訊；事業廢棄物清除至再利用機構時，清除機構及再利用機構應分別申報清除量及廢棄物收受量；事業廢棄物經再利用產製再利用產品後，則應依事業廢棄物再利用管理辦法之規定，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」規定申報再利用種類、數量及再利用用途等資訊。

另有關「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」中的廢棄物種類，其再利用產品皆應進行流向申報管理作業，須將再利用機構其資源化（再利用）產品之名稱、產量、銷售流向及數量等相關資訊等進行申報。

再利用業者須提供再生級配粒料供料計畫書(詳述於第5章及附錄二)，確保材料品質種類並可溯源。

#### 4.6 電弧爐煉鋼爐渣(石)雲端管理系統

台灣鋼鐵工業同業公會與相關業者共同推動建置電弧爐煉鋼爐渣(石)雲端網路申報系統(<http://twliang.com:20011/default>)，由產源端即開始電弧爐煉鋼爐渣再生粒料的品質管控及加強流向管理，包括每月爐渣產生量、清運及使用流向，並提供工程案例實績，流程示意圖如圖4-1。透過資料庫的建置，確保電弧爐爐渣再利用產品品質，避免產生環保爭議或影響工程品質，提昇工程單位使用信心。

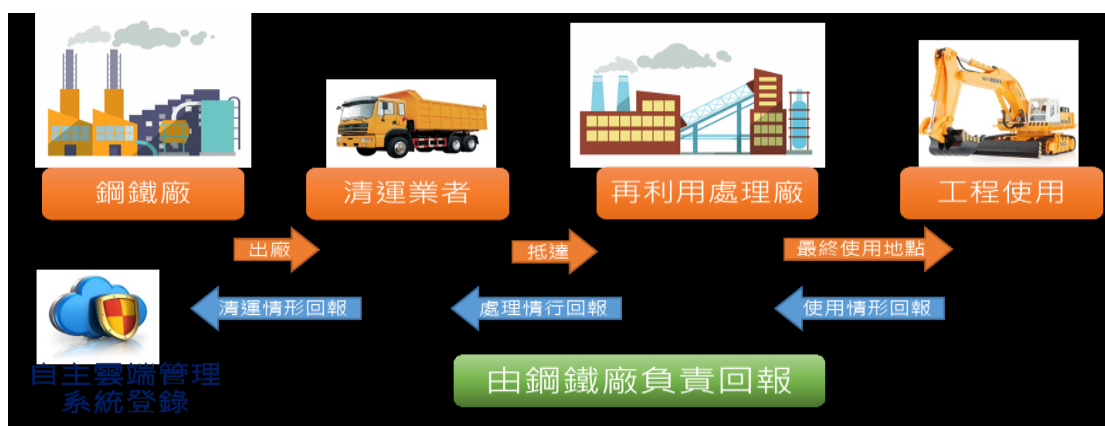


圖 4-1 雲端管理系統流程圖

## 第五章 氧化矽再生粒料之級配粒料基底層產製與施工

### 5.1 使用要點

含氧化矽再生粒料之級配粒料基層或底層的產製與施工，係指將氧化矽粗粒料、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」<sup>[9]</sup>及第 02726 章「級配粒料底層」<sup>[10]</sup>規定。

### 5.2 資料審查及再生級配粒料供料計畫書

1. 氧化矽再生粒料於供料前，應查驗相關供應證明文件，內容包括來源、處理製程及品質管制措施等。
2. 含氧化矽再生粒料之級配粒料基底層於施工前，應查驗含氧化矽再生粒料之品管作業文件如再生級配粒料供料計畫書<sup>[33]</sup>，內容包含氧化矽再生粒料與天然粒料之混合比例、拌合方式與地點、建議供料稽核方式、相關試驗方法以及其相關之工程性質等。

### 5.3 產製

1. 混合比例
  - (1) 級配料之產製實務以重量為基準，因氧化矽與一般粒料之比重不同，級配料組成若有氧化矽及天然石，需進行比重權值修正，以調整粒料之配合比例，修正方式如表 5-1 範例。

表 5-1 粒料依比重修正使用比例之範例

修正前(依體積百分比)				
粒料種類		粒料比重	使用比例(%)	
P1		3.300	20	
P2		2.600	77	
P3		3.100	3	
修正後(依重量百分比)				
粒料種類	原使用比例	粒料比重	權值(註1)	修正後比例(%) (註2)
P1	20	3.300	66	23.96
P2	77	2.600	200.2	72.67
P3	3	3.100	9.3	3.38
合計	100	-	275.5	100

註 1：權值=原使用比例×粒料比重

註 2：修正後比例=(權值/權值合計)×100%

- (2) 氧化矽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。本手冊主要說明級配粒料之規格及品質需符公共工程施工綱要規範第 02722 章「級配粒料基層」與第 02726 章「級配粒料底層」中各類型級配粒料之規定，基層有第一類型，第二類型，第三類型及第四類型，分別如表 5-2、表 5-3、表 5-4 及表 5-5；底層有第一類型，第二類型及第三類型，分別如表 5-6、表 5-7 及表 5-8。公共工程施工綱要規範第 02722 章「級配粒料基層」與第 02726 章「級配粒料底層」相關詳細之規定可參考附錄一。
- (3) 氧化矽再生粒料物理及工程性質皆佳，但第一次施工鋪築時初期使用量建議比例以 20% 為限，其用量應考慮地下水位高度及鋪築厚度而調控混合比例，其鋪築底部高程應高於使用時現場地下水位 1 公尺以上。
- (4) 混拌時，不同的粒料種類避免採用同一粒徑級配以減少其混拌的複雜性及均勻性。

表 5-2 基層第一類型級配粒料規格及品質<sup>[9]</sup>

級配						
試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)					
	A	B	C	D	E	F
50.0 (2in)	100	100				
37.5 (1 1/2 in)	—	75~95	100	100	100	100
25.0 (1 in)	30~65	40~75	50~85	60~100	—	—
19.0 (3/4 in)	25~55	30~60	35~65	50~85	55~100	70~100
4.75 (No.4)	15~40	20~45	25~50	40~70	40~100	55~100
0.60 (No.30)	8~20	15~30	15~30	25~45	20~50	30~70
0.075 (No.200)	2~8	5~20	5~15	5~20	6~20	8~25
品質						
此類型基層級配料，其通過 0.075mm (200 號) 篩之細粒土壤應在通過 0.425mm (40 號) 篩者之 2/3 以下，通過 0.425mm 篩部分之液性限度不得大於 25%，塑性指數不得大於 6%。						

表 5-3 基層第二類型級配粒料規格及品質<sup>[9]</sup>

級配		
試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
	容許範圍	許可差
50.0 (2in)	100	-3
37.5 (1 1/2 in)	90~100	±5
4.75 (No.4)	30~ 60	±10
0.075 (No.200)	0~ 12	±5
品質		
試驗項目	試驗值	
C.B.R.值，最少	20%	
或 R 值，最少	55	
液性限度，最大	25	
塑性指數，最大	6	
含砂當量，最少	25%	

表 5-4 基層第三類型級配粒料規格及品質<sup>[9]</sup>

級配			
試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)		
	A	B	C
75.0 (3in)	100	100	100
63.0 (2 1/2 in)	90~100	90~100	90~100
4.75 (No.4)	35~70	40~90	50~100
0.075 (No.200)	0~20	0~25	0~30
品質			
試驗項目	試驗值(%)		
C.B.R.值，最少	35	20	10
含砂當量，最少	30	25	20

表 5-5 基層第四類型級配粒料規格及品質<sup>[9]</sup>

級配	
試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)
	A
100.0 (2in)	100
4.75 (No.4)	25~100
0.075 (No.200)	0~25
品質	
試驗項目	試驗值(%)
4.75mm 以上粗粒料： 洛杉磯磨損(%), 最大	50
0.425mm 以下細粒料： 液性限度，最大	25
塑性指數，最大	6

表 5-6 底層第一類型級配粒料規格及品質<sup>[10]</sup>

級配		
試驗篩 (mm)	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
	A	B
50.0 (2in)	100	100
25.0 (1in)	—	75~95
9.50 (3/8in)	30~65	40~75
4.75 (No.4)	25~55	30~60
2.00 (No.10)	15~40	20~45
0.425 (No.40)	8~20	15~30
0.075 (No.200)	2~8	5~20
品質		
試驗項目	規定值	
洛杉磯磨損(%), 最大	50	
硫酸鈉健度(%)或	12	
硫酸鎂健度(%), 最大	18	
破碎率(二面)(%), 最小	75	
C.B.R.值(%), 最小	80	
或 R 值, 最小	78	
液性限度, 最大	25	
塑性指數, 最大	6	

表 5-7 底層第二類型級配粒料規格及品質<sup>[10]</sup>

級配		
試驗篩 mm	容許級配範圍	級配之許可差
	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
50.0 (2in)	100	-2
37.5 (1 1/2in)	95~100	-5
19.0 (3/4in)	70~92	±8
9.5 (3/8in)	50~70	±8
4.75 (No.4)	35~55	±8
0.60 (No.30)	12~25	±5
0.075 (No.200)	0~8	+3
品質		
試驗項目	試驗值	
洛杉磯磨損(%), 最大	50	
硫酸鈉健度(%)或 硫酸鎂健度(%), 最大	12 18	
破碎率(二面)(%), 最小	75	
C.B.R.值(%), 最小	80	
或 R 值, 最小	78	
液性限度, 最大	25	
塑性指數, 最大	NP	
含砂當量(%), 最小	35	



表 5-8 底層第三類型級配粒料規格及品質<sup>[10]</sup>

級配		
試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
	A	B
50.0 (2in)	100	-
37.5 (1 1/2 in)	90~100	-
25.0 (1 in)	—	100
19.0 (3/4 in)	50~85	90~100
4.75 (No.4)	30~45	35~55
0.60 (No.30)	10~25	10~30
0.075 (No.200)	2~9	2~9
品質		
試驗項目	試驗值	
洛杉磯磨損(%), 最大	50	
硫酸鈉健度(%)或 硫酸鎂健度(%), 最大	12	
破碎率(二面)(%), 最小	18	
C.B.R.值(%), 最小	75	
含砂當量(%), 最小	85	
	40	

## 2. 拌合

氧化碓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。

### (1) 一般規定

為維護施工現場周遭環境品質，應於氧化碓再利用機構或砂石廠之廠區內，進行氧化碓再生粒料與天然粒料之混拌作業。

### (2) 物料選擇

建議選用同一生產類型之氧化渣再生粒料為優先，以維持混拌後之級配粒料品質之穩定性。

(3) 混合比例

氧化渣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。

(4) 拌合方式

A. 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。

B. 廠內現有設備拌合

氧化渣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。

(5) 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。

第五章 氧化矽再生粒料之級配粒料  
基底層產製與施工

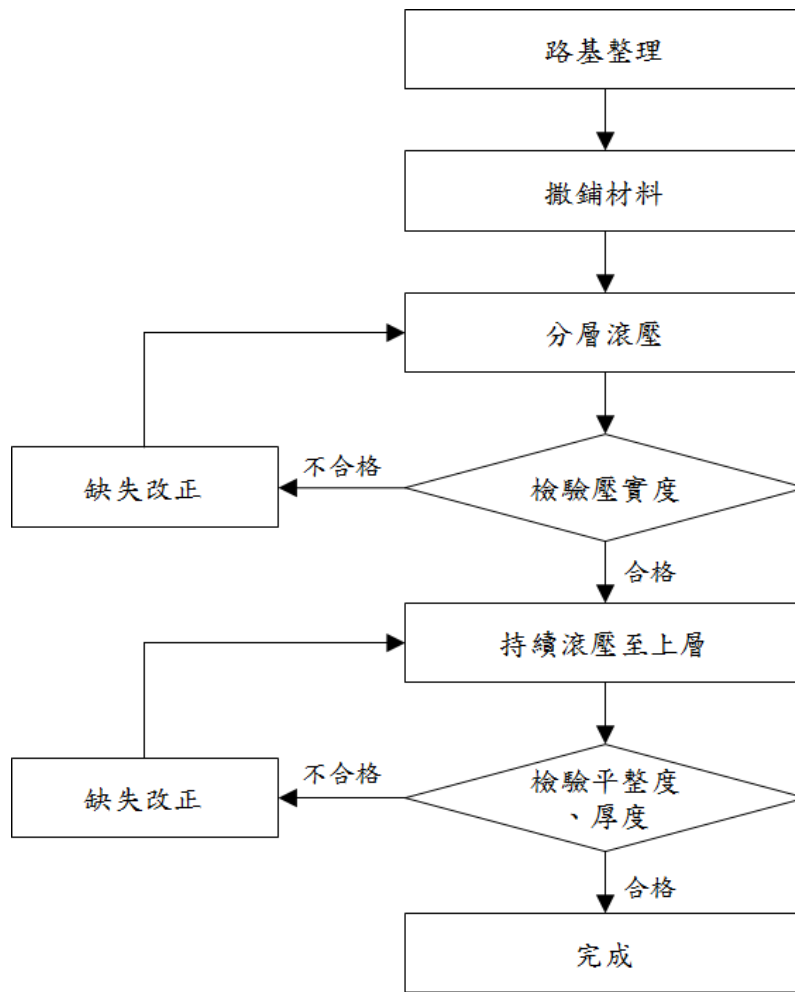


圖 5-1 道路級配粒料基底層施工流程

1. 材料

施工前，應針對含氧化矽再生粒料之級配粒料基底層進行品質檢驗，檢驗方法與頻率如表 5-9，而其級配規格及品質要求依類型須符合前表 5-2~表 5-8。

表 5-9 級配粒料基層或底層之檢驗方式<sup>[8]</sup>與頻率

項次	檢驗方法	檢驗頻率
1	CNS 486 粗細粒料篩析法	1.數量未達 500m <sup>3</sup> 檢驗 1 件。 2.數量超過 500m <sup>3</sup> 時，每 500m <sup>3</sup> 隨機選取 1 件試樣檢驗。
2	CNS 490 粗粒料 (37.5mm 以下) 洛杉磯磨損試驗法	
3	CNS 487 細粒料比重及吸水率試驗法	
4	CNS 488 粗粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法	
5	CNS 1167 使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法	
6	NIEAR306 事業廢棄物萃出液中重金屬檢測方法－酸消化法 NIEA M801 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	供料前須檢附再生級配粒料供料計畫書。
7	CNS 5088 土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法	依選用級配粒料類型，每一料源至少 1 次。
8	CNS 15346 土壤及細粒料之含砂當量試驗法	依選用級配粒料類型，每一料源至少 1 次。
9	CNS 12382 夯實土樣加州載重比試驗	依選用級配粒料類型，每一料源至少 1 次。

## 2. 路基整理

- (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 75cm 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 30cm，應壓實至最大乾密度之 95%以上。

- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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。
- (6) 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。

### 3. 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，應以機動平路機拌合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，務須足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，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 20cm（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. 滾壓

- (1) 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。
- (2) 滾壓時，如有需要，應以噴霧式灑水車酌量灑水，使級配粒料有夯實試驗之最佳含水量，以能壓實至所規定之密度。
- (3) 如級配粒料含水量過多時，應俟其乾至適當程度後，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現場人員檢驗合格之前，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 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。
- (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，過程中得視實際需要酌量灑水。
- (12) 每一層滾壓數量達 1,000m<sup>2</sup> 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<sup>[8]</sup>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。

## 5. 保護

- (1) 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。
- (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。

## 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

- (1) 完成後之基層或底層頂面應平順、緊密及均勻表面。
- (2) 基層或底層頂面平整度許可差以 3m 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  $\pm 2.5\text{cm}$ 、 $\pm 1.5\text{cm}$ ；如面層厚度在 7.5cm 以下時，其底層頂面之高低差不得超過  $\pm 0.6\text{cm}$ ，不合格處應予整平壓實。

### 2. 鋪設厚度

- (1) 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  $1,000\text{m}^2$  做一次。

- (2) 任何一點之基層、底層鋪設厚度分別不得比設計厚度少 2.0cm、1.0cm 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。
- (3) 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

在編製含氧化碓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。

1. 按完工後經驗收合格之壓實數量，以「立方公尺」計量。
2. 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(含氧化碓再生粒料)、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。



## 第六章氧化矽再生粒料之級配粒料基底層品質管理與 注意事項

### 6.1 一般原則

為確保氧化矽再生粒料品質能符合工程之需求，使用氧化矽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，以確保含氧化矽再生粒料之級配粒料基底層工程品質。

### 6.2 品質管理

有關氧化矽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。

#### 1. 氧化矽再生粒料出廠管制

依據廢棄物清理法<sup>[32]</sup>第 31 條規定，事業廢棄物產出階段應於每月月底前，連線申報前月影響廢棄物產出之主要原物料使用量及主要產品產量或營運狀況資料、事業廢棄物產出之種類及描述、數量、再生資源項目、數量等資料。另依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」<sup>[2]</sup>規定，氧化矽再生粒料出廠前應檢驗戴奧辛及依毒性特性溶出程序檢測有毒重金屬項目，其檢測值未超過電弧爐煉鋼爐渣(石)再利用管理方式所列標準方可出廠再利用。

表 6-1 氧化矽再生粒料之出廠檢驗標準<sup>[2]</sup>

項次	檢驗項目	品質標準	
1	毒性特性溶出程序 (毫克/公升)	總鉛	≤4.0
		總鎘	≤0.8
		總鉻	≤4.0
		總硒	≤0.8
		總銅	≤12.0
		總鋇	≤10.0
		六價鉻	≤0.2
		總砷	≤0.4
		總汞	≤0.016
2	含 2,3,7,8-氯化戴奧辛及呋喃同源物等十七種化合物之總毒性當量濃度 (ng I-TEQ/g)	≤0.1	

## 2. 產製階段管制

- (1) 工程施工單位應先評估氧化矽生粒料供應商之資格，確認氧化矽再生粒料之產源。
- (2) 工程施工單位應查驗氧化矽再生粒料出廠檢驗報告，品質符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」規定及級配粒料基底層使用要求，方可進料。
- (3) 確定級配粒料基底層之級配類型，以決定氧化矽再生粒料與天然粒料之混合比例。

## 3. 施工階段管制

- (1) 工程施工單位應依規範要求頻率，辦理含氧化矽再生粒料之級配粒料基底層之品質檢驗。
- (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。

## 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。

### 6.3 注意事項

1. 使用前應確認鋪設工址符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」之附表「編號9、電弧爐煉鋼爐碴(石)」之再利用規定。
2. 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，以確認使用之含氧化碴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。
3. 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。
4. 使用氧化碴時，必須特別注意工址地下水的情況，鋪築底部高程應高於使用時現場地下水位1公尺以上，當地下水位高於氧化碴基底層高程時，避免使用，以防止水質pH值偏高。

## 參考文獻

- [1] 「煉鋼爐石種類」，台灣鋼鐵工業同業公會(<http://steelslag.tsiia.org.tw>) (2018)。
- [2] 「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」，行政院經濟部(2019)。
- [3] 「電弧爐爐渣資源化歷程」，蘇茂豐，綠基會通訊，第 20 期(2010)。
- [4] 歐盟爐石協會(<http://www.euroslag.com>)(2018)。
- [5] 美國國家爐石協會(<http://www.nationalslag.org>)(2018)。
- [6] 「鋼鋼鐵渣基層材料與天然材料的比較」，日本爐石協會 (<http://www.slg.jp/e/index.htm>)(2018)。
- [7] 「電弧爐煉鋼氧化渣瀝青混凝土鋪面使用手冊」，台灣鋼鐵工業同業公會 (2018)。
- [8] 「中華民國國家標準」，經濟部標準檢驗局 (2014)。
- [9] 「級配粒料基層」，公共工程施工綱要規範第 02722 章。
- [10] 「級配粒料底層」，公共工程施工綱要規範第 02726 章。
- [11] 「電弧爐氧化渣資源化於透水性混凝土地磚之可行性研究」，楊志祥，朝陽科技大學碩士論文(2006)。
- [12] 「電弧爐還原渣應用於控制性低強度材料及其安定化成效評估研究」，曾仕文，中央大學碩士論文(2012)。
- [13] 「電弧爐煉鋼爐渣特性及取代混凝土粗骨材之研究」，鄭清元，中央大學碩士論文(2000)。
- [14] 「Slag aggregate for concrete Part 4: Electric arc furnace oxidizing slag aggregate」，JSA - JIS A5011-4(2013)。
- [15] 「電弧爐渣重金屬溶出特性及作為級配材料之可行性研究」，蘇鈺荃，成功

- 大學碩士論(2011)。
- [16] 「電弧爐氧化渣資源化利用研究」，刑金池，台北科技大學碩士論(2000)。
- [17] 「電弧爐氧化渣(石)道路工程應用材料性質評估暨技術手冊編訂(材料篇)專案計畫」，財團法人臺灣營建研究院(2015)。
- [18] 「煉鋼爐渣特性說明及相關管理法規、標準與規範介紹」，財團法人臺灣營建研究院，煉鋼爐渣資源化最佳途徑及混凝土工程應用管控策略研習會論文集(2016)。
- [19] 「氧化渣基本物理性質試驗期末報告」，台灣鋼鐵工業同業公會/國立中央大學(2017)。
- [20] 「粗粒料氧化渣基本物理性質試驗計劃」，海光企業股份有限公司/國立中央大學，報告編號 1800058(2018)。
- [21] 「道路工程材料的回彈性模數、CBR 與 R 值的關係」，楊慶哲，淡江大學碩士論文(1991)。
- [22] 「CBR 值的應用與探討」，房性中，中華技術，63 期(2004)。
- [23] 「電弧爐氧化渣產出之粒料試驗報告」，樺懋科技股份有限公司/台灣檢驗科技股份有限公司-高雄，報告編號 KB-18-05710C-17-12145(2018)。
- [24] 「氧化渣級配料試驗報告」，立順興資源科技股份有限公司/華光工程顧問股份有限公司，報告編號 1703365Y (2017)。
- [25] 「轉爐石作為道路底層及工程土方材料再生利用之力學特性研究」，王金鐘、李德河，中國土木水利學刊，第 17 卷第 2 期(2005)。
- [26] 「焚化底渣再生粒應用於道路級配粒料底層技術手冊」，行政院環境保護署(2015)。
- [27] 「氧化渣再利用於瀝青混凝土之探討」，林志棟、林凱悅、呂柏璋，鋪面工程 9 卷 4 期(2009)。
- [28] 「氧化渣應用於鋪面工程之力學性質研究」，劉文宗、陳偉全、潘平宏、王

- 連斌，鋪面工程，14 卷 2 期(2016)。
- [29] 「電弧爐氧化渣取代天然粒料應用於瀝青混凝土之研究」，伍鴻昌，淡江大學碩士論文(2004)。
- [30] 「推動氧化渣瀝青混凝土鋪築道路成果案例分享」，林登峰，氧化渣瀝青混凝土鋪面試辦工程鋪築成果發表會(2017)。
- [31] 「鋪面級配說明書」，皓勝工業股份有限公司(2018)。
- [32] 「廢棄物清理法」，行政院環說保護署(2017)。
- [33] 「再生級配粒料供料計畫書」，台灣鋼鐵工業同業公會(2018)。

附錄目次

附錄一 公共工程施工綱要規範.....	A
第 02722 章級配粒料基層.....	A-1
第 02726 章級配粒料底層.....	A-12
附錄二 再生級配粒料供料計畫書.....	A-22
附錄三 經濟部事業廢棄物再利用管理辦法之附表「編號九、電弧爐煉鋼爐渣（石）」 (108.5.20 修訂).....	A-33

參考附錄一時，請依下列要點辦理：

1. 依「公共工程施工綱要規範使用及編修應注意事項」第2點：「綱要規範係工程會訂定之通案原則性施工規範參考範本，提供依政府採購法辦理工程採購之機關、法人或團體，或受機關委託辦理工程技術服務之廠商〔以下合稱使用者〕「參考使用」，以提升公共工程設計及施工品質。」。
2. 依「標準法」第4條，國家標準採自願性方式實施，但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

# 附錄一 公共工程施工綱要規範

## 第 02722 章

### 級配粒料基層

1. 通則
  - 1.1 本章概要  
說明使用於鋪面工程之級配粒料基層有關材料、設備、施工及檢驗等相關規定。
  - 1.2 工作範圍  
本章所規定之材料，得採用天然級配粒料、再生級配粒料或其混合料。
    - 1.2.1 本章工作範圍涵蓋基層所用級配粒料之篩選、拌和、撒鋪、滾壓、養護等。
    - 1.2.2 天然級配粒料基層
    - 1.2.3 再生級配粒料基層
  - 1.3 相關章節
    - 1.3.1 第 02336 章--路基整理
  - 1.4 相關準則
    - 1.4.1 中華民國國家標準 (CNS)
      - (1) CNS 486 粗細粒料篩析法
      - (2) CNS 487 細粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法
      - (3) CNS 488 粗粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法
      - (4) CNS 490 粗粒料 (37.5mm 以下) 洛杉磯磨損試驗法
      - (5) CNS 5088 土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法
      - (6) CNS 11777 土壤含水量與密度關係試驗法(標準式夯實試驗法)
      - (7) CNS 11777-1 土壤含水量與密度關係試驗法(改良式夯實試驗法)
      - (8) CNS 11827 道路用高爐爐渣



- (9) CNS 12382 夯實土樣加州載重比試驗法
- (10)CNS 12383 夯實土壤阻力 R 值及膨脹壓力試驗法
- (11)CNS 14732 依粗料含量調整土壤夯實密度試驗法
- (12)CNS 14733 以砂錐法測定土壤工地密度試驗法
- (13)CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料
- (14)CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法
- (15)CNS 15346 土壤及細粒料之含砂當量試驗法
- (16)CNS 15358 公路或機場底層、基層用碎石級配粒料

1.4.3 目的事業主管機關再利用規定

- (1) 經濟部事業廢棄物再利用管理辦法
- (2) 經濟部再生利用之再生資源項目及規範
- (3) 內政部營建事業廢棄物再利用種類及管理方式
- (4) 行政院環境保護署垃圾焚化廠焚化底渣再利管理方式
- (5) 行政院原子能委員會建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點

1.5 系統設計要求

1.5.1 級配粒料基層，係將級配料依設計圖說所示之線形、坡度、高程及橫斷面，或依工程司之指示，按本章規範規定，鋪築於已滾壓整理之路基上者。

1.5.2 依「行政院環境保護署垃圾焚化廠焚化底渣再利管理方式」，垃圾焚化底渣使用地點之限制如下：

- (1) 不得位於公告之飲用水水源水質保護區、飲用水取水口一定距離、水庫集水區及自來水水質水量保護區範圍內。
- (2) 使用於陸地時，應高於使用時現場地下水位 1m 以上。
- (3) 不得位於依都市計畫法劃定之農業區及保護區、依區域計畫法劃定之一般農業區、特定農業區，及依非都市土地使用管制規則劃定之農牧用地、林業用地、養殖用地、國土保安用地、水利用地，及上述分區內暫未依法編定用地別之土地範圍內。
- (4) 不得位於依國家公園法劃定為國家公園區內，經國家公園管理機關會同有關機關認定作為前目限制使用之土地分區或編定使用之

土地範圍內。

- (5) 不得位於主管機關公告之自然保留區、自然保護區、野生動物保護區及野生動物重要棲息環境範圍內。

1.6 資料送審

1.6.1 品質計畫

1.6.2 施工計畫

1.6.3 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產品履歷或經目的事業主管機關認可之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，經工程司審查核可後方可供料。

## 2. 產品

2.1 定義

2.1.1 天然級配粒料係指天然岩石或礫石經碎解、篩選或混合程序所製成之級配粒料。

2.1.2 再生級配粒料應符合 1.4.3 款之相關規定，其再生材料之來源包括：

- (1) 符合 CNS 11827 高爐爐渣或 CNS 15305 內之爐渣規定，經碎解、篩選或軋製而成之級配料。
- (2) 石材污泥、石材廢料、營建剩餘土石、廢棄混凝土、瀝青混凝土挖(刨)除料、廢磚瓦、廢陶瓷類及鈦鐵礦氯化爐渣等軋製而成之級配料，其品質應符合「內政部營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」、「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」之要求，其再利用用途為「道路工程粒料」，並經主管機關同意使用者。
- (3) 垃圾焚化底渣應符合「行政院環境保護署垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之要求，其資源化產品用途為「道路級配粒料基層」，並經主管機關同意使用者。

2.1.3 除特別註明外，本章再生級配粒料之規定適用於純用再生粒料或混有再生粒料之級配粒料。

2.2 材料

2.2.1 級配粒料之級配及品質，因所採用之路面厚度設計方法而異，故廠商應按契約圖說規定供應所需之級配粒料，未經工程司之書面許可，不得採

用他類級配粒料。

2.2.2 級配粒料須清潔、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基層者，其粗粒料應質地堅韌及耐久，經[CNS 490][ ]洛杉磯磨損試驗，其磨損率不得大於[50%][ ]。

2.2.3 廠商所供應之再生級配粒料，應剔除石膏、黏土塊、橡膠、塑膠、紙、布、木材及其他易碎物質等雜質。該供應使用之再生級配粒料亦應符合行政院原子能委員會「建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點」之規定。

2.2.4 使用再生粒料施工時，應照設計規定進行抽驗工作，必要時，得配合工程司指示進行抽驗。

2.2.5 (1) 爐渣之品質應符合 CNS 15305 之要求。

(2) 鈦鐵礦氯化爐渣應依 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[25%][ ]，且經[CNS 15311][ ]浸水膨脹試驗，其浸水膨脹比不得大於[0.5%][ ]。

2.2.6 若使用再生級配粒料之垃圾焚化底渣材料時，應依 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%][ ]。

2.2.7 基層級配粒料之級配及品質

基層所用級配料主要有下列四類型，廠商應依設計圖說之規定辦理。級配粒料篩分析應依 CNS 486 之規定辦理。

(1) 第一類型

表一 第一類型基層級配料之級配規定

試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)					
	A	B	C	D	E	F
50.0 (2in)	100	100				
25.0 (1in)	—	75~95	100	100	100	100
9.5 (3/8in)	30~65	40~75	50~85	60~100	—	—
4.75 (No.4)	25~55	30~60	35~65	50~85	55~100	70~100
2.00 (No.10)	15~40	20~45	25~50	40~70	40~100	55~100
0.425 (No.40)	8~20	15~30	15~30	25~45	20~50	30~70
0.075 (No.200)	2~8	5~20	5~15	5~20	6~20	8~25

此類型基層級配料，其通過 0.075mm (200 號) 篩之細粒土壤應在通過 0.425mm (40 號) 篩者之[2/3][ ]以下，通過 0.425mm 篩部分之液性限度不得大於[25%][ ]，塑性指數不得大於[6%][ ]。

(2) 第二類型

A. 級配

採用此類型基層級配料時，應在施工前，由廠商選定並徵得工程司之同意後，按所選定之級配施工。施工時，其實際級配與所選定級配之許可差，不得超過表二之規定。

表二 第二類型基層級配料之級配規定

試驗篩 mm	容許級配範圍	實際級配與所選定級配之許可差
	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
50.0 (2in)	100	-3
37.5 (1 1/2in)	90~100	±5
4.75 (No.4)	30~ 60	±10
0.075 (No.200)	0~ 12	±5

B. 品質

第二類型基層級配料之品質應符合表三之規定。

表三 第二類型基層級配料之品質規定

試驗項目	試驗值	試驗方法
C.B.R.值，最少	[20%][ ]	CNS 12382
或 R 值，最少	[55][ ]	CNS 12383
液性限度，最大	[25%][ ]	CNS 5088
塑性指數，最大	[6%][ ]	CNS 5088
含砂當量，最少	[25%][ ]	CNS 15346

(3) 第三類型

A. 級配

第三類型基層級配料之級配應符合表四之規定。

表四 第三類型基層級配料之級配規定

試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)		
	A	B	C
75.0 (3in)	100	100	100
63.0 (2 1/2in)	90~100	90~100	90~100
4.75 (No.4)	35~70	40~90	50~100
0.075 (No.200)	0~20	0~25	0~30

B. 品質

第三類型基層級配料之品質應符合表五之規定。

表五 第三類型基層級配料之品質規定

試驗項目	試驗值 (%)			試驗方法
	A	B	C	
C.B.R.值，最少	[35][ ]	[20][ ]	[10][ ]	CNS 12382
含砂當量，最少	[30][ ]	[25][ ]	[20][ ]	CNS 15346

(4) 第四類型

A. 級配

第四類型基層級配料之級配應符合表六之規定。

表六 第四類型基層級配料之級配規定

試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)
100 (4 in)	100
4.75 (No.4)	25~100
0.075 (No.200)	0~25

B. 品質

第四類型基層級配料之品質應符合表七之規定。

表七 第四類型基層級配料之品質規定

試驗項目	試驗值 (%)	試驗方法
4.75mm 以上粗粒料： 洛杉磯磨損值，最大	[50][ ]	CNS 490
0.425mm 以下細粒料： 液性限度，最大	[25][ ]	CNS 5088
塑性指數，最大	[6][ ]	CNS 5088

2.2.8 級配粒料之拌和

除級配粒料之級配已符合設計圖說或本章規範之規定者外，為使所用級配粒料之級配能符合規定，須以下列任何一法拌和之，若使用材料中含有垃圾焚化底渣等，其拌和作業應於再利用機構或砂石廠內進行。

(1) 用拌和機拌和

- A. 所用拌和機應經工程司之認可。拌和機應經常保持良好之狀態，其輪葉或葉片，應具有適當之尺度及淨空，並予適當之調節，俾能生產均勻之合格材料。
- B. 拌和機應有足夠之生產能量，以便能在良好之工作效率下，繼續不斷地施工。
- C. 拌和時，應視實際需要，均勻噴入適量之水，俾使鋪築壓實時，能達到所需之壓實度。

(2) 用機動平路機 (Motor Graders) 拌和

- A. 運至工地之級配粒料，如尚需另加粒料方能符合所規定之級配時，可在路基或基層堅實之情況下，以機動平路機拌和之。
- B. 拌和時，通常係將較粗之粒料置於下層，較細之粒料置於上層，然後將粒料由路中翻至路側 (或由路側翻至路中，視粒料之堆

置位置而定)，再由路側翻至路中，如是往返拌和直至級配均勻為止。

C. 拌和時應注意，勿使粒料有析離現象，並應避免損及路基或基層。

D. 在拌和過程中，應視實際需要，均勻灑以適量之水，務使級配粒料於鋪築壓實時，能達到所需之壓實度。

(3) 用人工拌和

A. 如級配粒料數量不大時，得用鏟或其他工具以人工拌和至級配均勻為止。

B. 拌和時，應視實際需要，均勻灑以適量之水，務使級配粒料於鋪築壓實時，能達到所需之壓實度，惟應注意，在粒料乾拌均勻以前不得灑水。

### 3. 施工

#### 3.1 施工方法

##### 3.1.1 路基整理

依第 02336 章「路基整理」之各項規定辦理。

##### 3.1.2 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，如工程司認為必要，應按其指示在路基上灑水，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，應按工程司之指示，以機動平路機拌和至前述現象消除為止。

(4) 級配粒料應按設計圖說所示或工程司指示之厚度分層均勻鋪設，每層厚度應約略相等。

(5) 鋪設時，應避免損及其下面之路基，並按所需之全寬度鋪設。

(6) 所有不合規定之顆粒及一切雜物，均應隨時予以檢除。

(7) 級配粒料每層撒鋪厚度應依設計圖說所示或工程司之指示辦理，每層撒佈厚度應約略相等，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。

(8) 每層壓實厚度視滾壓機具之能量而異，除另有規定或工程司核准

外，每層最大壓實厚度不得超過[20cm][ ](通常鬆鋪厚度約為壓實厚度之 1.35 倍)，但亦不得小於所用粒料標稱最大粒徑之[2 倍][ ]。

### 3.1.3 滾壓

- (1) 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。
- (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，俾能壓實至所規定之密度。
- (3) 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。
- (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[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。
- (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。

### 3.2 檢驗

使用天然級配粒料以外之材料，必要時，得依工程特性，酌增下列試驗頻率。所增加之試驗頻率按本章之 4.2.2 款規定辦理。

#### 3.2.1 級配粒料試驗頻率



- (1) 使用天然級配粒料時，應每[600m<sup>3</sup>][ ]做一次試驗。
- (2) 若工程使用再生級配粒料者，除供料稽核外，每[500m<sup>3</sup>][ ]做一次試驗。

### 3.2.2 工地密度試驗

- (1) 試驗頻率  
每一層至少應每[1,000m<sup>2</sup>][ ]做密度試驗一次。
- (2) 試驗方法  
工地密度應以[CNS 14733][ ]等標準方法求之。

### 3.2.3 壓實度要求

- (1) 級配粒料基層應滾壓至設計圖說所規定之壓實度。
- (2) 如無明確規定時，基層壓實度至少應達到依[CNS 11777][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。
- (3) 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。

## 3.3 許可差

### 3.3.1 頂面平整度許可差

- (1) 完成後之基層頂面應具平順、緊密及均勻之表面。
- (2) 以[3m][ ]長之直規沿平行於，或垂直於道路中心線之方向檢測時，其任何一點之高低差均不得超過[之 2.5cm][ ]。

### 3.3.2 厚度許可差

- (1) 完成後之基層，由工程司隨機選取代表性地點鑽洞檢測其厚度。
- (2) 檢測之頻率為每[1,000m<sup>2</sup>][ ]做一次。
- (3) 檢測厚度結果，應符合下列規定：
  - A. 任何一點之厚度不得比設計厚度少[2cm][ ]以上，並應以較小之許可差數值為準。
  - B. 各點厚度之平均值不得小於設計厚度。
  - C. 如完成後之基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。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。

(4) 檢測厚度所留洞孔應以適當之材料填補夯實。

3.4 保護

3.4.1 已完成之基層應經常灑水保養，以防細料散失。

3.4.2 如基層於鋪築底層之前，發現有任何損壞或其他不良情況時，重新整平滾壓。

#### 4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 級配粒料基層依不同規格，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。

4.1.2 級配粒料基層使用再生粒料時，應明確告知施工廠商所需數量，以便施工廠商及早因應準備。

4.2 計價

4.2.1 依契約詳細價目表內所列不同材料規格或粒料種類，應以[立方公尺][平方公尺，註明厚度][ ]單價計價。

4.2.2 該項單價已包括材料之供應、運輸、裝卸、拌和、各項試驗(含抽驗)、撒鋪、灑水、滾壓、刮平及為完成基層所需之一切人工、材料、機具、設備、動力、運輸及為完成本工作所必需之費用在內。

4.2.3 級配粒料基層使用再生粒料時，再生粒料單價應獨立編列。

4.2.4 超出設計寬度及厚度所鋪設之任何部分均不予計價。

〈本章結束〉

## 第 02726 章 級配粒料底層

### 1. 通則

#### 1.1 本章概要

說明使用於鋪面工程之級配粒料底層有關材料、設備、施工及檢驗等相關規定。

#### 1.2 工作範圍

本章所規定之材料，得採用天然級配粒料、再生級配粒料或其混合料。

#### 1.2.1 本章工作範圍涵蓋底層所用級配粒料之篩選、拌和、撒鋪、滾壓、維護等。

#### 1.2.2 天然級配粒料底層

#### 1.2.3 再生級配粒料底層

#### 1.3 相關章節

#### 1.3.1 第 02336 章--路基整理

#### 1.3.2 第 02722 章--級配粒料基層

#### 1.4 相關準則

#### 1.4.1 中華民國國家標準 (CNS)

- (1) CNS 486 粗細粒料篩析法
- (2) CNS 487 細粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法
- (3) CNS 488 粗粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法
- (4) CNS 490 粗粒料 (37.5mm 以下) 洛杉磯磨損試驗法
- (5) CNS 1167 使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法
- (6) CNS 5088 土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法
- (7) CNS 11777 土壤含水量與密度關係試驗法(標準式夯實試驗法)
- (8) CNS 11777-1 土壤含水量與密度關係試驗法(改良式夯實試

驗法)

- (9) CNS 11827 道路用高爐爐渣
- (10)CNS 14732 依粗料含量調整土壤夯實密度試驗法
- (11)CNS 14733 以砂錐法測定土壤工地密度試驗法
- (12)CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料
- (13)CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法
- (14)CNS 15346 土壤及細粒料之含砂當量試驗法
- (15)CNS 15358 公路或機場底層、基層用碎石級配粒料

#### 1.4.2 美國州公路及運輸協會 (AASHTO)

- (1)AASHTO T238 土壤及土壤粒料工地密度之核子試驗法 (淺層)

#### 1.4.3 目的事業主管機關再利用規定

- (1) 經濟部事業廢棄物再利用管理辦法
- (2) 經濟部再生利用之再生資源項目及規範
- (3) 內政部營建事業廢棄物再利用種類及管理方式
- (4) 行政院環境保護署垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式
- (5) 行政院原子能委員會建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點

#### 1.5 系統設計要求

1.5.1 級配粒料底層，係將級配粒料依設計圖說所示之線形、坡度、高程及橫斷面或依工程司之指示，按本章規範之規定鋪築於已滾壓整理之路基或基層上者。

1.5.2 鋪於基層上者為底層，惟不用基層而直接將底層材料鋪於路基上者亦稱底層。

#### 1.6 資料送審

##### 1.6.1 品質計畫

##### 1.6.2 施工計畫

1.6.3 使用再生粒料時，廠商應提送相關供料計畫書，其內容應包含再生粒料產品履歷或經目的事業主管機關認可之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，經工程司審查核可後方可供料。

## 2. 產品

### 2.1 定義

2.1.1 天然級配粒料包含天然、碎石級配粒料，係指天然岩石或礫石經碎解、篩選或混合程序所製成之級配粒料。

2.1.2 再生級配粒料應符合 1.4.3 款之相關規定，其再生材料之來源包括：

- (1) 符合 CNS 11827 高爐爐渣或 CNS 15305 內之爐渣規定，經碎解、篩選或軋製而成之級配料。
- (2) 石材廢料、營建剩餘土石、廢棄混凝土、瀝青混凝土挖(刨)除料、廢磚瓦、廢陶瓷及鈦鐵礦氯化爐渣等軋製而成之級配粒料，其品質應符合「內政部營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」、「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」之要求，其再利用用途為「道路工程粒料」，並經主管機關同意使用者。
- (3) 垃圾焚化底渣應符合「行政院環境保護署垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式」之要求，其資源化產品用途為「道路級配粒料底層」，並經主管機關同意使用者。

2.1.3 除特別註明外，本章再生級配粒料之規定適用於純用再生粒料或混有天然粒料之再生粒料。

### 2.2 材料

2.2.1 級配粒料之級配及品質，因所採用之路面厚度設計方法而異，故廠商應按契約圖說之規定使用所需之級配粒料，未經工程司之書面許可，不得採用他類級配粒料。

2.2.2 級配粒料須清潔、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，其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%][ ]。

2.2.3 使用之再生級配粒料，應剔除石膏、黏土塊、橡膠、塑膠、紙、布、木材及其他易碎物質等雜質。該使用之再生級配粒料亦應符合「行政院原子能委員會建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點」之規定。

2.2.4 使用再生粒料施工時，應照設計規定進行抽驗工作，必要時，得配合工

程司指示進行抽驗。

2.2.5 若使用再生級配粒料中之爐渣材料時，亦應符合下列規定：

- (1) 爐渣之品質應符合 CNS 15305 之要求。
- (2) 鈦鐵礦氯化爐渣應依 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[25%][ ]，且經[CNS 15311][ ]浸水膨脹試驗，其浸水膨脹比不得大於[0.5%][ ]。

2.2.6 若使用再生級配粒料中之垃圾焚化底渣材料時，應依 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%][ ]。

2.2.7 底層級配粒料之級配及品質

底層所用級配粒料主要有下列三類型，廠商應依契約圖說之規定辦理。底層所用級配粒料，必要時應按[CNS 1167][ ]硫酸鈉健度試驗法試驗，試驗結果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%][ ]。又粗粒料之組成，以重量計算，至少應有[75%][ ]以上具有 2 個以上之破碎面。級配粒料篩分析應依 CNS 486 之規定辦理。

(1) 第一類型

第一類型底層級配粒料之級配，應符合表一內，A 或 B 型中之一種。

表一 第一類型底層級配粒料之級配規定

試驗篩 (mm)	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
	A	B
50.0 (2in)	100	100
25.0 (1in)	—	75~95
9.5 (3/8in)	30~65	40~75
4.75 (No.4)	25~55	30~60
2.00 (No.10)	15~40	20~45
0.425 (No.40)	8~20	15~30
0.075 (No.200)	2~8	5~20

(2) 第二類型

A. 級配

採用此類型底層級配粒料時，應在施工前，由工程司在表二所列容許級配範圍內選定一種級配，或由廠商選定並徵得工程司之同意後，按所選定之級配施工。施工時，其實際級配與所選定級配之許可差，不得超過表二之規定。

表二 第二類型底層級配粒料之級配規定

試驗篩 mm	容許級配範圍	實際級配與所選定級配之許可差
	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
50.0 (2in)	100	-2
37.5 (1 1/2in)	95~100	-5
19.0 (3/4in)	70~92	±8
9.5 (3/8in)	50~70	±8
4.75 (No.4)	35~55	±8
0.60 (No.30)	12~25	±5
0.075 (No.200)	0~8	+3

B. 品質

第二類型底層級配粒料之品質應符合表三之規定。

表三 第二類型底層級配粒料之品質規定

試驗項目	試驗值
C.B.R.值，最少	[80][ ]
或R值，最少	[78][ ]
液性限度，最大	[25][ ]
塑性指數	[NP][ ]
含砂當量，最少	[35][ ]

(3) 第三類型

A. 級配

第三類型底層級配粒料之級配應符合表四之規定。

表四 第三類型底層級配粒料之級配規定

試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率 (%)	
	A	B

50.0 (2in)	100	
37.5 (1 1/2 in)	90~100	
25.0 (1 in)	—	100
19.0 (3/4 in)	50~85	90~100
4.75 (No.4)	30~45	35~55
0.60 (No.30)	10~25	10~30
0.075 (No.200)	2~9	2~9

## B. 品質

第三類型底層級配粒料之品質應符合表五之規定。

表五 第三類型底層級配粒料之品質規定

試驗項目	試驗值 (%)
C.B.R.值·最少	[85][ ]
含砂當量，最少	[40][ ]

## 2.2.8 級配粒料之拌和

除級配粒料之級配已符合設計圖或本章規範之規定者外，為使所用級配粒料之級配能符合規定，須以下列任何一法拌和之，若使用材料中含有垃圾焚化底渣，其拌和作業應於再利用機構或砂石場內進行。

## (1) 拌和機拌和

- A. 所用拌和機應經工程司之認可。拌和機應經常保持良好之狀態，其輪葉或葉片，應具有適當之尺度及淨空，並予適當之調節，俾能生產均勻之合格材料。
- B. 拌和機應有足夠之生產能量，以便能在良好之工作效率下，繼續不斷地施工。
- C. 拌和時，應視實際需要，均勻噴入適量之水，俾使鋪築壓實時，能達到所需之壓實度。

## (2) 機動平路機 (Motor Graders) 拌和

- A. 運至工地之級配粒料，如尚需另加粒料方能符合所規定之級配時，可在路基或基層堅實之情況下，以機動平路機拌和。
- B. 拌和時，通常係將較粗之粒料置於下層，較細之粒料置於上層，然後將粒料由路中翻至路側（或由路側翻至路中，視粒料之堆



置位置而定)，再由路側翻至路中，如是往返拌和直至級配均勻為止。

C. 拌和時應注意勿使粒料有析離現象，並應避免損及路基或基層。

D. 在拌和過程中，應視實際需要均勻灑以適量之水，務使級配粒料於鋪築壓實時能達到所需之壓實度。

(3) 人工拌和

A. 如級配粒料數量不大時，得用鏟或其他工具以人工拌和至級配均勻為止。

B. 拌和時，應視實際需要均勻灑以適量之水，務使級配粒料於鋪築壓實時能達到所需之壓實度，惟應注意在粒料乾拌均勻以前不得灑水。

### 3. 施工

#### 3.1 施工方法

##### 3.1.1 路基或基層整理

依第 02336 章「路基整理」及第 02722 章「級配粒料基層」之各項規定辦理。

##### 3.1.2 撒鋪材料

(1) 運達工地之合格材料，可直接倒入鋪料機之鋪斗中，攤平於已整理完成之路基或基層面上或分堆堆置於路基或基層上，然後以機動平路機或其他機具攤平。

(2) 在撒鋪之前，如工程司認為必要，應按其指示在路基或基層上灑水，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，應按工程司之指示，以機動平路機拌和至前述現象消除為止。

(4) 級配粒料應按設計圖說所示或工程司指示之厚度分層均勻鋪設，每層厚度應約略相等。

(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) 所有不合規定之顆粒及一切雜物，均應隨時予以檢除。

(7) 級配粒料每層撒鋪厚度應依工程司之指示辦理，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。

- (8) 每層壓實度視滾壓機具之能量而異，除另有規定或工程司核准外，每層最大壓實厚度不得超過[20cm][ ](通常鬆鋪厚度約為壓實厚度之 1.35 倍)，但亦不得小於所用粒料標稱最大粒徑之[2 倍][ ]。

### 3.1.3 滾壓

- (1) 級配粒料撒鋪及整形完成後，應立即以[10t][ ]以上三輪壓路機或震動壓路機滾壓。
- (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，俾能壓實至所規定之密度。
- (3) 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。
- (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，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。

## 3.2 檢驗

### 3.2.1 級配粒料試驗頻率

(1)使用天然級配粒料時，每[600m<sup>3</sup>][ ]做一次試驗。

(2)使用再生級配粒料時，除供料稽核外，每[500m<sup>3</sup>][ ]做一次試驗。

### 3.2.2 工地密度試驗

(1) 試驗頻率

每一層至少應每[1,000m<sup>2</sup>][ ]做密度試驗一次。

(2) 試驗方法

工地密度應以[CNS 14733][AASHTO T238][ ]等標準方法求之。

### 3.2.3 壓實度要求

(1) 級配粒料底層應滾壓至設計圖或特訂條款所規定之壓實度。

(2) 如無明確規定時，底層壓實度至少應達到依[CNS 11777][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。

(3) 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。

## 3.3 許可差

### 3.3.1 頂面平整度許可差

(1) 完成後之底層頂面應具平順、緊密及均勻之表面。

(2) 以[3m][ ]長之直規沿平行於，或垂直於道路中心線之方向檢測時，其任何一點之高低差均不得超過[±1.5cm][ ]；如面層厚度在 7.5cm 以下時，其底層頂面之高低差不得超過[±0.6cm][ ]，不合格處應予整平壓實。

### 3.3.2 厚度許可差

(1) 完成後之底層，由工程司隨機選取代表性地點鑽洞檢測其厚度。

(2) 檢測之頻率為每[1,000m<sup>2</sup>][ ]做一次。

(3) 檢測厚度結果，應符合下列規定。

A. 任何一點之厚度不得比設計厚度少[1.0cm][ ]以上。

B. 各點厚度之平均值不得小於設計厚度。

C. 如完成後之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。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。

(4) 檢測厚度所留洞孔應以適當之材料填補夯實。

3.4 保護

3.4.1 已完成之底層應經常灑水保養，以防細料散失。

3.4.2 如底層於鋪設面層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. 計量與計價

4.1 計量

級配粒料底層依不同規格，按完工後經檢驗合格之設計圖規定尺寸，以[立方公尺][平方公尺，註明厚度][ ]計算。

4.2 計價

4.2.1 依契約詳細價目表內所列不同材料規格或粒料種類，以[立方公尺][平方公尺，註明厚度][ ]單價計價。該項單價已包括材料之供應、運輸、裝卸、拌和、撒鋪、灑水、滾壓、刮平及為完成底層所需之一切人工、材料、機具、設備、動力、運輸及為完成本工作所需之費用在內。

4.2.2 級配粒料底層使用再生粒料時，再生粒料材料費單價應獨立編列，另有關再生粒料底層施工費用包括運輸、裝卸、拌和、撒鋪、灑水、滾壓、刮平及為完成底層所需之一切人工、機具、設備、動力、運輸及為完成本工作所需之費用在內。

4.2.3 超出設計寬度及厚度所鋪設之任何部分均不予計價。

〈本章結束〉

## 附錄二 再生級配粒料供料計畫書

### 一、基本資料

#### 1-1 公司簡介

OOOO 公司是國內專業處理一營建剩餘土石方、爐渣(石)等資源化的公司。為創新再生資源多元化，OOOO 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、研究應用於可控制性低強度回填材料之骨材及其處理方法，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 級配粒料原料來源及製程

OO 鋼鐵股份有限公司為一鋼胚生產工廠，主要將鋼鐵原料、PCI 煤、無煙煤、造渣劑(石灰、矽砂、高爐渣)及相關物料於電弧爐中加熱，電弧爐採批次操作，再經由熔解、氧化、還原等作業階段而進行鋼胚之生產，由於鋼鐵原料經熔解及氧化作業階段後，熔融鋼液中之含氧量較高，故會先將該階段所產生之爐渣(氧化渣)完全排出，其生產製造流程與氧化渣之產生來源則如圖 2.1 內容。

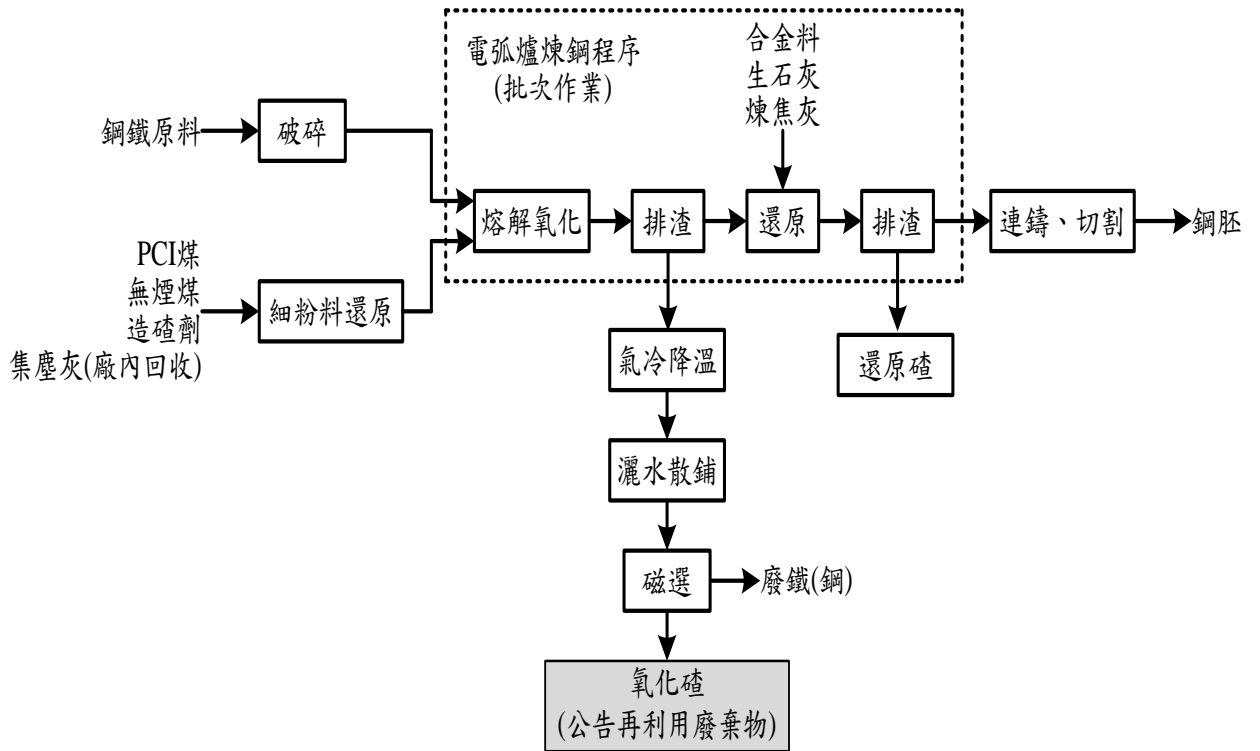


圖 2.1 煉鋼廠煉鋼製程及衍生廢棄物(爐渣)產出來源示意圖

## 2-2 級配粒料原料環境相容性檢驗

針對本案再生級配粒料原料(電弧爐氧化渣)進行委託檢測之重金屬溶出毒性試驗(TCLP)、戴奧辛、浸水膨脹比、放射性含量之檢測，其檢測結果如表 2.1~2.3 內容所示，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(氧化矽)環境相容性檢驗結果表(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	總硒	N.D.	1.0 mg/L	NIEA R300.10C
	總鋇	0.144 mg/L	100.0 mg/L	NIEA R306.13C
	總鎘	N.D.	1.0 mg/L	NIEA R306.13C
	總鉛	N.D.	5.0 mg/L	NIEA R306.13C
	總銅	N.D.	15.0 mg/L	NIEA R306.13C
	總鉻	N.D.	5.0 mg/L	NIEA R306.13C
	總六價鉻	N.D.	2.5 mg/L	NIEA R309.12C
	總砷	0.001 mg/L	5.0 mg/L	NIEA R318.12C
	總汞	N.D.	0.2 mg/L	NIEA R314.12C
戴奧辛	0.0005 ngI-TEQ/g	1.0ngI-TEQ/g	NIEA M801.13B	委測 OO 工程顧問股份有限公司
pH 值	10.72	2~12.5	NIEA R208.04C	

表 2.2 級配粒料原料(氧化矽)浸水膨脹檢驗結果表(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
浸水膨脹試驗 (7 天)	0.01%	0.5%	CNS 15311	委測 OO 工程顧問

表 2.3 級配粒料原料(氧化矽)輻射劑量檢驗結果表(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
再生粒料 輻射劑量	0.1	≤1.0	建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點	委測 OO 大學

2-3 級配粒料生產製程流程圖

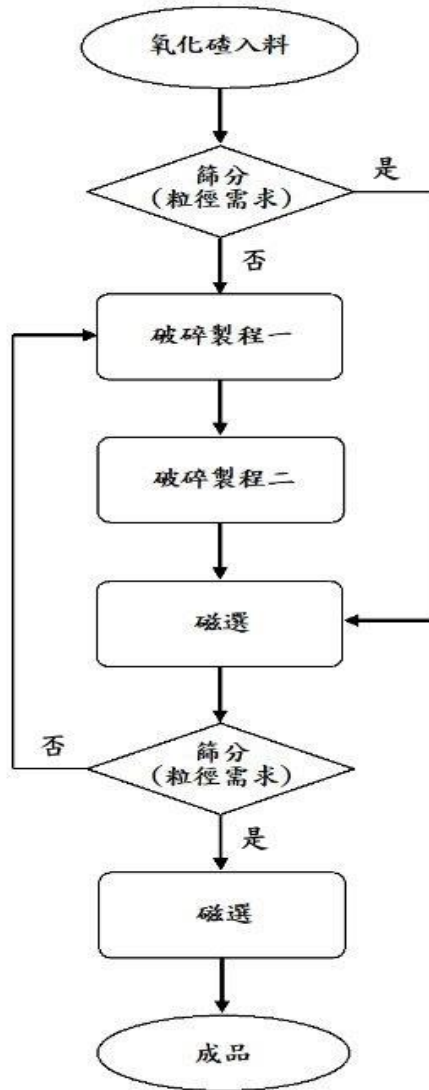


圖 2.2 級配粒料生產製程流程圖

### 三、 品質管制措施(品管作業檢驗程序、環境相容性及品質標準)

#### 3-1 品管作業檢驗程序

檢驗程序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：



3-1-1 檢驗與識別：

合約簽訂前檢驗：

- A.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，  
檢驗項目包括戴奧辛、有毒重金屬溶出、pH 值。
- B.判定為不合格時，依(異常處理)處理，不允收。

3-1-2 原物料進廠：

- A.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。
- B.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。
- C.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。
- D.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。

3-1-3 原料及製程檢驗：

原料堆置區由品管部門檢驗(浸水膨脹比)。

- A.判定為不合格時，依異常處理處理，退貨。
- B. 但另有其他用處時，可依特採作業處理。

2.4 級配粒料成品檢驗與識別

- A.再生級配粒料成品由品管部門至成品堆置區取樣檢驗。
- B.每年送環保署認可實驗室，檢驗戴奧辛、有毒重金屬溶出、pH  
值一次。
- C.再生級配粒料成品檢驗(浸水膨脹比)
  - 連續三個月之膨脹量結果符合規定者，每半年送經 TAF 認  
證 ISO 17025 認可之實驗室檢驗(浸水膨脹比)一次。
  - 每單一來源生產後送相關機關認可之實驗室檢驗一次。(檢  
驗項目如表 3.1-3.5 內容所示)
- D.每批次生產由品管部門實行自主品管檢驗。

3-2 級配粒料環境相容性(TCLP&戴奧辛)及建材輻射劑量檢驗

本案級配粒料(氧化矽)之產品品質標準除符合公告再利用廢棄物中電弧爐煉鋼爐渣(石)之氧化矽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 02726 章(級配粒料底層)之指導原則，因應不同之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(級配粒料)之環境相容性及輻射劑量進行檢驗，並經由相關認可單位之委測結果皆通過合格標準，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(氧化矽)環境相容性檢驗結果表(再利用端檢測)

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	總硒	N.D.	0.8 mg/L	NIEA R300.10C	委測 OO 科技股 份有限公司
	總銀	1.24 mg/L	10.0 mg/L	NIEA R306.13C	
	總鎳	N.D.	0.8 mg/L	NIEA R306.13C	
	總鉛	N.D.	4.0 mg/L	NIEA R306.13C	
	總銅	N.D.	12.0 mg/L	NIEA R306.13C	
	總鉻	N.D.	4.0 mg/L	NIEA R306.13C	
	總六價鉻	N.D.	0.2 mg/L	NIEA R309.12C	
	總砷	0.005 mg/L	0.4 mg/L	NIEA R318.12C	
	總汞	N.D.	0.016 mg/L	NIEA R314.12C	
戴奧辛	0.001 ngI-TEQ/g	0.1ngI-TEQ/g	NIEA M801.13B		

表 3.2 級配粒料(氧化矽)輻射劑量檢驗結果表(再利用端檢測)

檢測項目	檢測結果	管制標準	檢測方法	檢測單位
再生級配粒料 輻射劑量	0.1	≤1.0	建築材料用事業廢棄物之放射性含量限制要點	委測 OO 大學

### 3-3 級配粒料浸水膨脹比

針對本案再利用產品(級配粒料)之浸水膨脹比規定參照行政院公共工程委員會施工綱要規範 02726 章(級配粒料底層)之指導原則，如下列內容所示，並檢附級配粒料之試驗結果。原始檢測分析報告附於「相關佐證資料表 3」內容中。

表 3.3 級配粒料(氧化矽)浸水膨脹檢驗結果表(再利用端檢測)

檢測項目	檢測結果	管制標準	檢測方法	檢測單位
浸水膨脹試驗 (7 天)	0.0%	0.5%	CNS 15311	委測 OO 工程顧問

### 3-4 底層級配粒料(氧化矽)品質試驗報告

本案底層級配粒料(氧化矽)之產品品質標準除符合公告再利用廢棄物中電弧爐煉鋼爐渣(石)之氧化矽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 02726 章(級配粒料底層)之指導原則，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(底層級配粒料)一般基本性質規定如下列內容所示，並檢附氧化矽粒料 100%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 3.4 底層級配粒料(氧化碴)之級配品質標準第 02726 章(級配粒料底層)

檢測項目		檢測結果	管制標準 第一類型	管制標準 第二類型	檢測單位
級配-篩分析 (通過百分 率) CNS 486 CNS 491	25.0mm(1")	100	-	=	委測 OO 工程顧問
	19.0mm(3/4")	96	70~92	=	
	12.5mm(1/2")	64	-	=	
	9.5mm(3/8")	54	50~70	30~65	
	4.75mm(#4)	41	35~55	25~55	
	2.36mm(#8)	27	-	-	
	2.00mm(#10)	24	-	15~40	
	1.18mm(#16)	18	-	-	
	600μm(#30)	13	12~25	-	
	425μm(#40)	12	-	8~20	
	300μm(#50)	11	-	-	
	150μm(#100)	9	-	-	
75μm(#200)	6.9	0~8	2~8		
洛杉磯磨損(%), 最大		17	50		
粗粒料破碎顆粒, 最小		100.	75		
健度, 最大		0.2	12		
液性限度(%), 最大		-	-	25	
塑性指數		NP	-	NP	
含砂當量, 最少		53	-	35	
CBR 值, %(95% γ dmax)		159	-	80	

四、 建議供料稽核方式(再生細粒料品質檢驗項目、方法、頻率)

本案底層級配粒料(氧化碴)產品品質檢驗項目及頻率主要均參照電弧爐煉鋼爐碴(石)之氧化碴運作管理內容之相關規定及各使用工程單位之驗收方式 02726 章(級配粒料底層), 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	依據之方法	規範之要求	頻率	
再生底層級配粒料	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 500m <sup>3</sup> 為一批檢驗一次。	
		級配粒料品質	第一類	CNS 490	磨損率 $\leq 50\%$ 。
	CNS 12382			C.B.R. $\geq 80$	
	CNS 15346			含砂當量 $\geq 35\%$	
	CNS 5088			液性限度 $\leq 25\%$ ，塑性指數 NP。	
	CNS 15312			以重量計算， $\geq 75\%$ 具有 2 個以上之破碎面	
	CNS 15311			膨脹率 $< 0.5\%$	
	環保署環境檢測所事業廢棄物檢測方法			詳表 3.1 規定	
	第二類	第二類	CNS 490	磨損率 $\leq 50\%$ 。	使用再生粒料時，每工程或每一料源至少一次。
			CNS 12382	C.B.R. $\geq 80$	
			CNS 15346	含砂當量 $\geq 35\%$	
			CNS 5088	液性限度 $\leq 25\%$ ，塑性指數 NP。	
			CNS 15312	以重量計算， $\geq 75\%$ 具有 2 個以上之破碎面	
			CNS 15311	膨脹率 $< 0.5\%$	
			環保署環境檢測所事業廢棄物檢測方法	詳表 3.1 規定	

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  
(氧化矽底層級配粒料)  
(略)

## 附錄三 經濟部事業廢棄物再利用管理辦法之附表 「編號 9、電弧爐煉鋼爐渣（石）」

108.05.20

- 一、事業廢棄物來源：基本金屬製造業在電弧爐煉鋼製程所產生之氧化渣（石）或還原渣（石）。但氧化渣（石）與還原渣（石）無法分離或依相關法規認定為有害事業廢棄物者，不適用之。
- 二、再利用用途：水泥生料、瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、管溝 回填用控制性低強度回填材料用粒料原料、管溝回填用控制性低強度回填材料原料、鋪面工程（道路、人行道、貨櫃場或停車場）之基層或底層級配粒料原料、紐澤西護欄原料，或經高壓蒸氣處理後作為非構造物用預拌混凝土粒料原料、非構造物用預拌混凝土原料、水泥製品用粒料原料或混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料。但不銹鋼製程產生之還原渣（石）用途為水泥生料、管溝回填用控制性低強度回填材料用粒料原料、管溝回填用控制性 低強度回填材料原料、紐澤西護欄原料，或經高壓蒸氣處理後作為非構造物用預拌混凝土粒料原料、非構造物用預拌混凝土原料或混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料。
- 三、再利用機構應具備下列資格：依法辦理工廠登記或符合免辦理登記規定之工廠，其產品至少為下列之一項：水泥、瀝青混凝土粒料、瀝青混凝土、管溝回填用控制性低強度回填材料用粒料、管溝回填用控制性低強度回填材料、鋪面工程之基層或底層級配粒料、紐澤西護欄、非構造物用預拌混凝土粒料、非構造物用預拌混凝土、水泥製品用粒料、混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋。
- 四、運作管理：
  - （一）再利用機構應符合下列規定：
    - 1、機構設置應符合下列規定：
      - （1）廠房之建築應堅固，地面應採用水泥混凝土或其他易清理之材

料。

(2)工廠廠區周圍應設置二·四公尺高結構體圍牆或其他適當阻隔之設施，廠內及廠外連接主要交通之道路應鋪設瀝青混凝土或水泥混凝土路面。

(3)廠內各作業場所應明確區隔，製造作業區與行政作業區應明確劃分。

(4)原料、物料、半製品及成品之儲存場所，應適當隔離。

(5)工廠內部應有充分採光、照明及通風設備。

2、受託再利用前應依下列規定簽訂契約書，並於訂定契約書之次日起三十日內，由安定化處理執行單位連線至指定申報區提報該契約書；其變更時，亦同：

(1)氧化碴（石）：再利用於非構造物用預拌混凝土粒料原料、非構造物用預拌混凝土原料、水泥製品用粒料原料、混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料用途者，應與產源事業簽訂記載高壓蒸氣安定化處理執行單位（產源事業或再利用機構）、方式及處理時間之契約書。

(2)還原碴（石）：再利用於水泥生料用途以外者，應與產源事業簽訂記載安定化處理（含高壓蒸氣處理）執行單位（產源事業或再利用機構）、方式及處理時間之契約書。

3、再利用應符合下列規定：

(1)再利用於水泥生料用途以外者，應經破碎、磁選及篩分等處理。但於產源事業出廠前已經前述處理程序者，不在此限。

(2)再利用機構依前目契約書屬安定化處理執行單位者，須具備安定化處理設備。

(3)再利用於瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、管溝回填用



控制性低強度回填材料用粒料原料、管溝回填用控制性低強度回填材料原料、鋪面工程（道路、人行道、貨櫃場或停車場）之基層或底層級配粒料原料及紐澤西護欄原料用途者，氧化矽（石）經破碎、磁選及篩分之產出物及經安定化處理後之還原矽（石），應至少每月委託檢測機構依CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法檢測一次，經檢測之七天膨脹量除再利用於紐澤西護欄原料用途者應未超過百分之〇·〇五外，其他再利用用途未超過百分之〇·五者，始得進行再利用。氧化矽（石）經破碎、磁選及篩分之產出物連續三個月之膨脹量檢測結果符合規定者，得每半年至少檢測一次。

- (4)再利用於非構造物用預拌混凝土粒料原料、非構造物用預拌混凝土原料、水泥製品用粒料原料、混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料用途，且依前目契約書屬安定化處理執行單位者，須具備高壓蒸氣處理設備。
- (5)電弧爐煉鋼爐矽（石）經高壓蒸氣處理須維持爐內壓力至少在20.1 kgf/cm<sup>2</sup>且持續三小時，其產出物應至少每月委託檢測機構依附件熱壓膨脹試驗法檢測一次，經檢測之試體外觀無爆裂、局部爆孔、崩解及破裂情形者，始得進行再利用。
- (6)膨脹量檢測之採樣，應會同檢測單位執行，且再利用機構應於採樣前十日，連線至指定申報區提報採樣通知。變更採樣時間及地點未於十日前重新提報者，其檢測結果不予採信。
- (7)膨脹量檢測報告應由經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認協議之認證機構所認證之實驗室，依該認證機構所定格式辦理，但熱壓膨脹試驗之檢測報告得由學術單位或具檢驗能力之實驗室依其所定格式辦理。再利用機構應於每月月底前，連線至指定申報區提報前月膨脹量檢測報告。

(8)再利用於水泥生料用途者，須具備水泥旋窯設備。

(9)再利用於管溝回填用控制性低強度回填材料、非構造物用預拌混凝土用途者，除破碎、磁選及篩分設備外，其餘再利用製程設備僅限用於產製本編號之再利用用途產品。

4、電弧爐煉鋼爐渣（石）經再利用程序之產出物，於出廠前，應依中央主管機關公告之檢測方法，每年度至少檢測一次戴奧辛及依毒性特性溶出程序檢測有毒重金屬項目。但再利用用途產品為水泥者，不在此限。經檢測未超過下列標準者，始得作為再利用用途之產品使用：

(1)總鉛：四·〇 毫克/公升。

(2)總鎘：〇·八 毫克/公升。

(3)總鉻：四·〇 毫克/公升。

(4)總硒：〇·八 毫克/公升。

(5)總銅：一二·〇 毫克/公升。

(6)總鋇：一〇·〇 毫克/公升。

(7)六價鉻：〇·二 毫克/公升。

(8)總砷：〇·四 毫克/公升。

(9)總汞：〇·〇一六 毫克/公升。

(10)含2,3,7,8-氯化戴奧辛及呔喃同源物等十七種化合物之總毒性當量濃度 $\leq$ 〇·一 (ng I-TEQ/g)。

5、前目檢測之採樣應由檢測單位執行，且再利用機構應於採樣前十日，連線至指定申報區提報採樣通知。變更採樣時間及地點未於十日前重新提報者，其檢驗結果不予採信。檢測報告應由環保主管機關核發許可證之檢驗測定機構依其所定格式辦理，並由再

利用機構於每年三月前連線至指定申報區提報上年度檢測報告。

6、再利用用途之產品應符合下列規定：

- (1)瀝青混凝土產品應依公共工程施工綱要規範之品質項目檢驗，並符合工程採購契約書規範。
- (2)管溝回填用控制性低強度回填材料產品應依公共工程施工綱要規範之性質要求或工程採購契約書檢驗，並符合其品質規範。
- (3)水泥、瀝青混凝土粒料、管溝回填用控制性低強度回填材料用粒料、非構造物用預拌混凝土粒料、非構造物用預拌混凝土、混凝土(地)磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔及溝蓋產品品質應符合該項產品之國家標準。
- (4)鋪面工程之基層或底層級配粒料產品品質應符合該項產品之國家標準或公共工程施工綱要規範。
- (5)紐澤西護欄及水泥製品用粒料產品之品質應符合工程採購契約書規範或事業之間符合契約書標準。
- (6)再利用產品除水泥外，至少每月應由經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認協議之認證機構所認證之實驗室檢測一次產品品質。但品質規範項目屬現地試驗者，不受本文檢測實驗室資格之限制。
- (7)再利用機構應於每月月底前，連線至指定申報區提報前月再利用產品檢測報告及工程採購契約書。但再利用產品以該項產品之國家標準或公共工程施工綱要規範為品質規範者，得免提報工程採購契約書。

7、再利用用途之產品屬鋪面工程之基層或底層級配粒料者，其使用應符合下列規定：

- (1)不得使用於依都市計畫法劃定為農業區、保護區、依區域計畫

法劃定為特定農業區、一般農業區及依非都市土地使用管制規則劃定各使用分區內之農牧用地、林業用地、養殖用地、國土保安用地、水利用地，及上述分區內暫未依法編定用地別之土地範圍內。

(2)不得使用於依國家公園法劃定為國家公園區內，經國家公園管理機關會同有關機關認定作為本目之一限制使用之土地分區或編定使用之土地範圍內。

(3)不得使用於屬依飲用水管理條例公告之飲用水水源水質保護區及飲用水取水口一定距離、依區域計畫法劃定之水庫集水區及依自來水法劃定之自來水水質水量保護區範圍內。

(4)不得使用於屬依濕地保育法公告之國家重要濕地、依文化資產保存法公告之自然保留區、依自然保護區設置管理辦法公告之自然保護區、依野生動物保育法公告之野生動物保護區及野生動物重要棲息環境等生態敏感區範圍內。

(5)粒徑小於四·七五公厘者，應先以其他工程材料隔離。

(6)鋪面工程之面層應採用瀝青混凝土面層、水泥混凝土面層或磚材面層，且底層施工完成後六個月內，應完成面層施作。

8、再利用用途之產品屬瀝青混凝土粒料者，應符合下列規定：

(1)瀝青混凝土粒料產品銷售對象以瀝青混凝土廠為限。

(2)再利用機構應與產品銷售對象簽訂買賣契約書，並於瀝青混凝土粒料產品出廠前，連線至指定申報區提報該契約書。變更契約書內容或終止契約時，亦同。

(3)再利用產品銷售對象，其廠內瀝青混凝土粒料庫存量超過前一個月之累積使用量時，應停止運送再利用產品至該銷售對象。

(4)於再利用產品銷售對象所產製之瀝青混凝土產品出廠後四日內，

連線至指定申報區，提報該批再利用產品所使用本編號 再利用種類之產源事業、產品使用對象、使用量、庫存量及瀝青混凝土之產生量、銷售對象、出廠時間、銷售量、工程名稱、使用地點及範圍。

9、再利用用途之產品屬管溝回填用控制性低強度回填材料用粒料者，應符合下列規定：

(1)再利用產品使用對象僅限所屬同一法人所設置之控制性低強度回填材料廠。但電弧爐煉鋼爐渣(石)以高壓蒸氣處理設備安定化，並符合本款第三目之五規定者，其再利用產品使用對象不受所屬同一法人之限制。

(2)再利用產品使用對象非屬同一法人者，再利用機構應與產品銷售對象簽訂買賣契約書，並應於管溝回填用控制性低強度回填材料用粒料產品出廠前，連線至指定申報區提報該契約書。變更契約書內容或終止契約時，亦同。

(3)再利用產品使用對象，其廠內管溝回填用控制性低強度回填材料用粒料庫存量超過前一個月之累積使用量時，應停止運送再利用產品至該使用對象。

(4)於再利用產品使用對象所產製之管溝回填用控制性低強度回填材料產品出廠後四日內，連線至指定申報區，提報該批再利用產品所使用本編號再利用種類之產源事業、產品使用對象、使用量、庫存量及管溝回填用控制性低強度回填材料之產生量、銷售對象、出廠時間、銷售量、工程名稱、使用地點及範圍。

10、再利用用途之產品屬非構造物用預拌混凝土粒料者，應符合下列規定：

(1)非構造物用預拌混凝土粒料銷售對象以預拌混凝土廠為限。

(2)再利用機構應與產品銷售對象簽訂買賣契約書，並應於非構造

物用預拌混凝土粒料產品出廠前，連線至指定申報區提報該契約書。變更契約書內容或終止契約時，亦同。

(3)再利用產品銷售對象，其廠內非構造物用預拌混凝土粒料庫存量超過前一個月之累積使用量時，應停止運送再利用產品至該銷售對象。

(4)於再利用產品銷售對象所產製之非構造物用預拌混凝土產品出廠後四日內，連線至指定申報區，提報該批再利用產品所使用本編號再利用種類之產源事業、產品使用對象、使用量、庫存量與非構造物用預拌混凝土之產生量、銷售對象、出廠時間、銷售量、工程名稱、使用地點及範圍。

11、再利用用途產品為瀝青混凝土、管溝回填料用控制性低強度回填料、鋪面工程之基層或底層級配粒料或非構造物用預拌混凝土者，其銷售應符合下列規定：

(1)鋪面工程之基層或底層級配粒料產品銷售對象以營造業為限。

(2)再利用機構應於產品出貨單上載明使用本編號之再利用種類。

(3)再利用機構應與鋪面工程之基層或底層級配粒料產品使用者簽訂記載本管理方式規定使用限制、使用用途工程名稱、施工期程及產品使用地點、用途（道路、人行道、貨櫃場或停車場之鋪面工程）與數量之買賣契約書，並附具工程圖樣及說明書；另再利用產品供作公共工程使用者外，應取得經土地所有權人同意書面文件。

(4)再利用機構於鋪面工程之基層或底層級配粒料產品出廠前，應先連線至指定申報區，提報該產品買賣契約書、工程圖樣及說明書、土地所有權人同意書面文件（供作公共工程使用者，免附）。變更契約書內容或終止契約時，亦同。

(5)再利用機構應於產品出廠後四日內，連線至指定申報區，提報

該批再利用產品銷售對象、出廠時間、使用用途工程名稱、該批產品所使用本編號再利用種類之產源事業、數量、使用地點及範圍。

- 12、再利用用途產品為水泥製品用粒料者，其銷售對象以水泥及混凝土製品製造業為限。
- 13、再利用用途產品貯存量超過該再利用用途產品前六個月之累積銷售量時，應停止收受廢棄物進廠再利用。
- 14、再利用後之剩餘廢棄物應依廢棄物清理法相關規定辦理。
- 15、再利用機構於堆置、輸送或以車輛運輸逸散性粒狀污染物質及從事易致粒狀污染物逸散之製程、操作或裝卸作業時，應依固定污染源逸散性粒狀污染物空氣污染防制設施管理辦法相關規定辦理。

(二)產源事業應符合下列規定：

- 1、產源事業不得將電弧爐煉鋼產生之集塵灰及地面、廠房及屋頂清潔收集之塵灰混入氧化渣(石)或還原渣(石)再利用，於出廠前，應依中央主管機關公告之檢測方法，每年至少檢測一次有毒重金屬及戴奧辛項目，經檢測未超過本法公告之有害事業廢棄物認定標準者，始得進行再利用；另至少每月檢測一次氫離子濃度(pH值)，連續三個月之pH檢測值小於十二·五者，得每年至少檢測一次。
- 2、前日檢測之採樣應由檢測單位執行，且產源事業應於採樣前十日，連線至指定申報區提報採樣通知。變更採樣時間及地點未於十日前重新提報者，其檢驗結果不予採信。檢測報告應由環保主管機關核發許可證之檢驗測定機構依其所定格式辦理，並由產源事業於每年三月前連線至指定申報區提報上年度檢測報告。
- 3、委託再利用前應依下列規定簽訂契約書，並於訂定契約書之次日起三十日內，由安定化處理執行單位連線至指定申報區提報

該契約書；其變更時，亦同：

(1)氧化渣(石)：再利用作為非構造物用預拌混凝土粒料原料、非構造物用預拌混凝土原料、水泥製品用粒料原料、混凝土(地)磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料用途者，應與再利用機構簽訂記載高壓蒸氣安定化處理執行單位(產源事業或再利用機構)、方式及處理時間之契約書。

(2)還原渣(石)：再利用於水泥生料用途以外者，應與再利用機構簽訂記載安定化處理(含高壓蒸氣處理)執行單位(產源事業或再利用機構)、方式及處理時間之契約書。

4、產源事業依前目契約書屬安定化處理執行單位者，須具備安定化處理設備，且應符合下列規定：

(1)再利用於瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、管溝回填用控制性低強度回填材料用粒料原料、管溝回填用控制性低強度回填材料原料、鋪面工程(道路、人行道、貨櫃場或停車場)之基層或底層級配粒料原料及紐澤西護欄原料用途者，經安定化處理後之還原渣(石)，應至少每月委託檢測機構依CNS 15311粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法檢測一次，經檢測之七天膨脹量除再利用於紐澤西護欄原料用途者應未超過百分之〇·〇五外，其他再利用用途未超過百分之〇·五者，始得送往再利用機構。

(2)再利用於非構造物用預拌混凝土粒料原料、非構造物用預拌混凝土原料、水泥製品用粒料原料、混凝土(地)磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料用途者，須具備高壓蒸氣處理設備。

(3)電弧爐煉鋼爐渣(石)經高壓蒸氣處理須維持爐內壓力至少在 $20.1 \text{ kgf/cm}^2$ 且持續三小時，其產出物應至少每月委託檢測機構依附件熱壓膨脹試驗法檢測一次，經檢測之試體外觀無爆裂、



局部爆孔、崩解及破裂情形者，始得送往再利用機構。

- 5、膨脹量檢測之採樣，應會同檢測單位執行，且產源事業應於採樣前十日，連線至指定申報區提報採樣通知。變更採樣時間及地點未於十日前重新提報者，其檢測結果不予採信。
- 6、膨脹量檢測報告應由經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認協議之認證機構所認證之實驗室，依該認證機構所定格式辦理，但熱壓膨脹試驗之檢測報告得由學術單位或具檢驗能力之實驗室依其所定格式辦理。產源事業應於每月月底前，連線至指定申報區提報前月檢測報告。
- 7、除再利用於水泥生料、紐澤西護欄原料或經高壓蒸氣處理後作為水泥製品用粒料原料、混凝土（地）磚、空心磚、水泥瓦、水泥板、緣石、混凝土管、人孔、溝蓋之原料用途外，產源事業應於每月月底前，連線至指定申報區，確認前月再利用機構提報之電弧爐煉鋼爐渣（石）再利用產品中間與最終使用情形，如經確認無誤或逾時，則該筆資料不得再作任何修正。

(三)貯存地點應符合下列規定：

- 1、氧化渣（石）及還原渣（石）不得混合貯存。
- 2、氧化渣（石）及其經安定化處理後之產出物應於獨立區域分別貯存，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。
- 3、還原渣（石）及其經安定化處理後之產出物應於獨立區域分別貯存，且貯存場所應為水泥混凝土鋪面及設有截流溝及排水收集措施，其四周應以防塵網或阻隔牆圍封，其總高度應達設計或實際堆置高度一·二五倍以上，並覆蓋防塵布或防塵網，覆蓋面積應達堆置區面積百分之八十以上。但貯存於廠房內者，不在此限。
- 4、電弧爐煉鋼爐渣（石）及再利用用途產品貯存高度不得超過工

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。

- (四)電弧爐煉鋼爐渣（石）送往再利用機構再利用前之清除，應由領有廢棄物清除許可證之公民營清除機構為之。
- (五)第一款及第二款規定之提報作業，除採樣通知外，如提報日期適逢假日，得順延至次一工作日。



**台灣鋼鐵工業同業公會**

Taiwan Steel & Iron Industries Association

台北市長安東路一段9號10樓

TEL:(02)2542-7900 FAX:(02)2531-6708