

高壓蒸氣安定化電弧爐煉鋼還原渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊

高壓蒸氣安定化電弧爐煉鋼還原渣(石) 應用於控制性低強度回填材料(CLSM) 使用手冊



台灣鋼鐵工業同業公會

Taiwan Steel & Iron Industries
A s s o c i a t i o n

台北市中山區長安東路一段9號10樓

TEL:02-2542-7900

FAX:02-2531-6708

台灣鋼鐵工業同業公會

中華民國 1 1 3 年 2 月 編印

目 錄

第一章 總則	1
1.1 緣起	1
1.2 目的	2
1.3 名詞定義	3
1.4 適用範圍	6
1.5 內容說明	6
1.6 手冊使用者導引	8
第二章 還原碴(石)性質與相關規定	9
2.1 還原碴(石)產出	9
2.2 還原碴(石)再利用	10
2.3 還原碴(石)性質	12
2.4 還原碴(石)再利用管理規定與相關標準	18
第三章 還原碴(石)安定化步驟與品質管制	25
3.1 還原碴(石)安定化處理技術	25
3.2 電弧爐煉鋼還原碴(石)高壓蒸氣安定化法	27
3.3 高壓蒸氣安定化還原碴(石)之機理	27
3.4 台灣高壓蒸氣安定化還原碴(石)之程序	28
第四章 還原碴(石)再生粒料適用範圍與工程性質	31
4.1 適用範圍	31
4.2 還原碴(石)品管要求	31
4.3 含還原碴(石)CLSM 工程性質	32
第五章 還原碴(石)再生材料使用於 CLSM 作業與管理	37
5.1 一般原則	37
5.2 產出	37
5.3 貯存	38
5.4 清除	39
5.5 流向管理	42

第六章 含還原渣(石)CLSM 產製與施工	45
6.1 使用要點	45
6.2 資料審查	45
6.3 材料	45
6.4 配比設計與試拌	46
6.5 含還原渣(石)CLSM 試驗室試拌與示範工程案例說明	51
6.6 產製	58
6.7 施工	58
6.8 品質檢驗	60
6.9 計量與計價	62
第七章 含還原渣(石)CLSM 品質管理與注意事項	63
7.1 品質管理	63
7.2 注意事項	67
參考文獻	69
附錄一 經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表及附件	71
附錄二 行政院公共工程委員會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章 V9.0 控制性低強度回填材料	93
附錄三 CLSM 還原渣(石)供料計畫書參考範本	101
附錄四 還原渣(石)粒料使用表單(預拌廠用)	115

表目錄

表 2-1 氧化渣(石)與還原渣(石)化學成分 ^[20]	14
表 2-2 電弧爐煉鋼爐渣(石)化學成分之含量(鋼鐵公會統計)	14
表 2-3 還原渣(石)重金屬毒性特性溶出及氫離子濃度指數結果	17
表 4-1 含還原渣(石)控制性低強度材料(CLSM)基本配比表 ^[21]	33
表 4-2 含還原渣(石)控制性低強度材料(CLSM)新拌性質 ^[21]	34
表 4-3 含還原渣(石)控制性低強度材料(CLSM)抗壓強度 ^[21]	35
表 5-1 還原渣(石)出廠檢驗標準 ^[30]	38
表 5-2 還原渣(石)再利用程序產出物檢驗標準 ^[2]	41
表 6-1 CLSM 基本性質試驗法 ^[27-29, 32, 33]	48
表 6-2 CLSM 基本性質要求範例	48
表 6-3 配比調整方式 ^[11]	49
表 6-4 CLSM 試驗配比	50
表 6-5 高煤灰量 CLSM 參考配比 ^[37]	50
表 6-6 含還原渣(石)CLSM 試驗配比設計	52
表 6-7 適用 CLSM 規範	54
表 6-8 CLSM 用粒料試驗值	55
表 6-9 CLSM 產品試驗值	55
表 6-10 CLSM 檢(試)驗引用標準	60
表 6-11 CLSM 基本性質要求	61

圖目錄

圖 1-1 煉鋼鐵爐渣(鐵渣、鋼渣)分類	3
圖 1-2 電弧爐煉鋼流程[8, 9]	4
圖 2-1 煉鋼爐渣產出流程圖[15]	9
圖 2-2 氧化渣(石)與還原渣(石)外觀.....	10
圖 2-3 還原渣(石)再使用前處理程序	11
圖 2-4 電弧爐渣(石)、普通水泥及高爐石 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 三相圖	12
圖 2-5 安定化後還原渣(石)((a)研磨前；(b)研磨後)	15
圖 3-1 還原渣(石)安定化技術(熱悶法).....	27
圖 3-2 電弧爐煉鋼還原渣(石)高壓蒸氣安定化程序流程圖	29
圖 3-3 電弧爐煉鋼還原渣(石)破碎、磁選、篩分、安定化與集塵生產 線設備	29
圖 5-1 電弧爐煉鋼爐渣(石)再利用流向管理圖	43
圖 6-1 坍度/坍流度與安定化還原渣取代天然細粒料比例間的關係	52
圖 6-2 落球凹痕直徑與安定化還原渣取代天然細粒料比例間的關係	53
圖 6-3 抗壓強度與安定化還原渣取代天然細粒料比例間的關係(7 天)	53
圖 6-4 抗壓強度與安定化還原渣取代天然細粒料比例間的關係(28 天)	54
圖 6-5 案例(一)廠房新建工程管路回填((a)澆置中，(b)澆置完成) ..	56
圖 6-6 案例(二)道路及公共設施工程管路回填((a)坍流度試驗，(b)落 球試驗，(c)澆置中，(d)澆置完成).....	56
圖 6-7 案例(三)辦公室及警衛室土建水電工程管路回填((a)落球試驗， (b)澆置中，(c)澆置完成(1)，(d)澆置完成(2)).....	57
圖 7-1 含還原渣(石)CLSM 品管作業流程	66

第一章 總則

1.1 緣起

鋼鐵工業是以從事黑色金屬礦物採選和黑色金屬冶煉加工等工業生產活動為主的工業包括金屬鐵、鉻、錳礦物的採選、煉鐵、煉鋼、鋼加工、鐵合金冶煉、鋼絲及其製品業等細分工業，鋼鐵工業是現代國家重要的原材料工業之一。一般鋼鐵工業係指生產生鐵、鋼、鋼材、工業純鐵和鐵合金的工業，是世界所有工業化國家的基礎工業之一，過去經濟學家曾建議把鋼產量或人均鋼產量做為衡量國家經濟實力的一項重要指標，此即顯示鋼鐵工業是國民經濟的重要基礎產業，也是國家經濟水平和綜合國力的重要標誌。然而伴隨著鋼鐵生產各個過程，會產出一定量的副產物(或廢棄物)，在環保意識日益高漲及倡導循環經濟的大環境下，如何妥善處理或再利用副產物，不僅是鋼鐵工業，亦是產出「事業廢棄物」或「一般廢棄物」的產業需慎思與面對的課題。為有效處理事業廢棄物，事業廢棄物資源化是優化選項，應依個別特性，擇定適當用途加以推廣使用，為達成再利用目標，須具備相關處理廢棄物與再利用專業技術外，並尋求多元且具有大量材料需求的再利用途徑，方能降低對環境衝擊並提升產業經營效能，同時建立符合市場機制的循環經濟體系。

電弧爐煉鋼爐渣(石)為電弧爐煉鋼程序產出的廢棄物，每生產 1,000 kg 之鋼約可產出 150-200 kg 的電弧爐渣，依照冶煉過程可分為氧化渣(石)及還原渣(石)兩類，二者依廢棄物清理法^[1]認定為一般事業廢棄物，其再利用管理作業應依據「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」^[2]辦理，並循公告再利用用途進行處理與銷售。目前國內電弧爐煉鋼爐渣(石)再利用的公告用途包括水泥生料、瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、控制性低強度回填材料用粒料原料、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、海事工程用粒料原料，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、控制性低強度回填材料用粒料原料、控制性低強度回填材料原料、紐澤西護欄原料，或經高壓蒸

高壓蒸氣安定化電弧爐煉鋼還原渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊

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(詳如附錄一)。

台灣鋼鐵工業同業公會(以下簡稱鋼鐵公會)為有效推廣鋼渣在營建工程上正確應用技術，已完成相關技術手冊編修如：「電弧爐煉鋼氧化渣瀝青混凝土鋪面使用手冊」、「電弧爐煉鋼氧化渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊」、「電弧爐煉鋼氧化渣應用於道路級配粒料基底層試行使用手冊」及「電弧爐煉鋼渣(石)於海事工程應用手冊」^[3-6]。依據最新版「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表列明，電弧爐煉鋼產出的爐渣(石)包括氧化渣(石)與還原渣(石)，其再利用用途相同，因此鋼鐵公會為進一步推廣還原渣(石)的資源再應用範圍，委託中華民國建築技術學會編訂「高壓蒸氣安定化電弧爐煉鋼還原渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊」(以下簡稱本手冊)，闡明還原渣(石)材料性質與適當的再利用於控制性低強度回填材料技術，同時進行試驗室試驗與現地驗證試驗，以確認還原渣(石)應用於控制性低強度回填材料之正面性能及相關品質管理措施，俾能提供國內工程界使用還原渣(石)於控制性低強度回填材料時之主要參考資料。

1.2 目的

使用安定化還原渣(石)替代天然粒料(碎石或機製砂)，做為控制性低強度回填材料中的粒料或填充材料，除能降低天然砂石資源開採需求量，節省營建工程物料成本、廢棄物處理費用外，同時可避免浪費可再利用資源，符合目前國內正大力推動循環經濟之目的。為有效增加還原渣(石)資源再利用途徑，將還原渣(石)導入營建工程項目中充分使用有其必要性。本手冊編訂之目的，在於遵照法定公告再利用途徑，提供工程界使用安定化還原渣(石)於控制性低強度回填材料之使用技術與注意事項等資訊，以推廣還原渣(石)再利用範疇並確保營建工程品質。

1.3 名詞定義

(1) 煉鋼爐渣

鋼爐渣(steel slag)係於煉鋼時在轉爐或電弧爐之煉鋼爐中產生，其成分主要為氧化鐵、氧化鋁、氧化錳、氧化鈣、氧化鎂及氧化矽等氧化物熔融組合而成之矽酸鹽及鐵氧化物。不同方式的煉鋼程序產出的爐渣性質也不盡相同，國內煉鋼方法主要分為電弧爐煉鋼與一貫作業煉鋼兩類。一貫作業大煉鋼廠煉鋼過程中產出的爐渣包括：氣冷高爐渣、水淬高爐渣(石)、脫硫渣及轉爐渣四種。其中水淬高爐渣(石)以往長期使用驗證顯示如經適當研磨處理後可添加於混凝土中代替部分水泥作為輔助性膠凝材料，對於混凝土性能無負面的影響。電弧爐煉鋼冶煉反應過程中產出電弧爐煉鋼氧化渣(石)與還原渣(石)，因兩者含有游離氧化鈣，與水接觸可能會發生體積膨脹反應，再利用時須特別考量體積膨脹可能的影響，故依使用用途，使用前須經安定化並定期檢測水合膨脹量。本手冊所稱之「煉鋼爐渣」不包括將鐵礦原料與粘土及助熔劑在高溫熔爐中冶煉反應後所產生之熔渣(又稱高爐爐渣(石)或鐵渣)。本手冊旨在闡明電弧爐煉鋼之「電弧爐煉鋼還原渣(石)」再利用於控制性低強度回填材料(CLSM)相關技術與品管注意事項。煉鋼鐵爐渣(鐵渣、鋼渣)概分為高爐渣和煉鋼渣，如圖 1-1 所示。

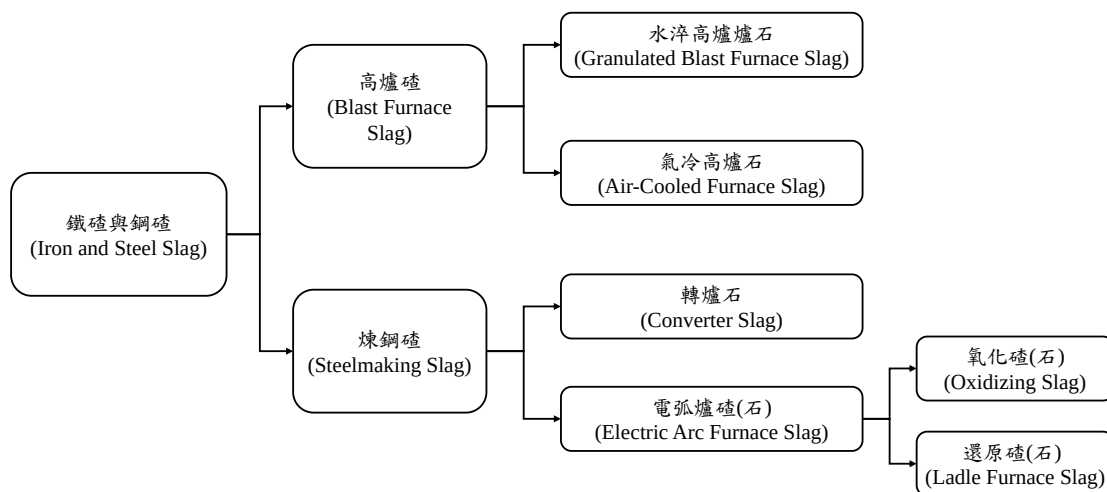


圖 1-1 煉鋼鐵爐渣(鐵渣、鋼渣)分類

(2) 電弧爐煉鋼渣(石)

本手冊所稱之「電弧爐煉鋼渣(石)」係指經電弧爐煉鋼過程中產出之熱熔渣，經冷卻後產出之電弧爐煉鋼渣(石)。電弧爐煉鋼利用電能發熱至 $1,500\sim 1,600^{\circ}\text{C}$ ，將廢鐵原料及所添加的 CaO 熔融，再吹氧去除熔鋼中的不純成分物質，如 FeO 、 MnO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 等氧化物，互相反應結合成安定的礦物相，其比重較還原層的鐵水為輕，浮在上層形成「電弧爐煉鋼氧化渣(石)」(以下簡稱「氧化渣(石)」)，詳如圖 1-2 所示，然後將熔融的鐵水移至精煉爐(LF)，添加多量的 CaO ，在還原環境下進行去除鐵水中的氧和硫成分，精煉成鋼，此時所產生的爐渣稱為「電弧爐煉鋼還原渣(石)」(以下簡稱「還原渣(石)」)，而電弧爐壁上的耐火材料(MgO)可能會脫落，所以還原渣(石)內會存有游離的 CaO 及 MgO 。

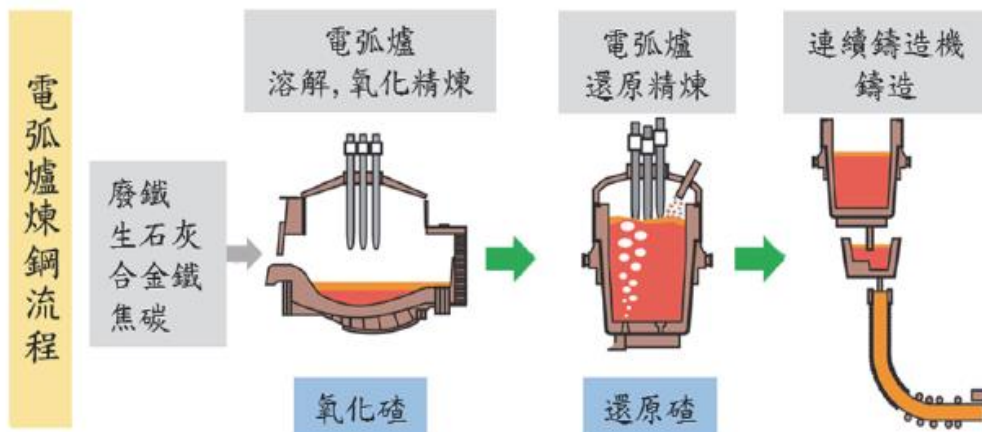


圖 1-2 電弧爐煉鋼流程^[8,9]

(3) 電弧爐煉鋼渣(石)再生粒料

本手冊所稱之「電弧爐煉鋼渣(石)再生粒料」，為前述電弧爐煉鋼渣(石)經破碎、磁選與篩分等再利用處理程序所產出的再生粒料，其性質應符合中央目的事業主管機關公告之相關再利用規定並可滿足工程需求者。

(4) 氧化礫(石)再生粒料

本手冊所稱之「氧化礫(石)再生粒料」，為前述氧化礫(石)經破碎、磁選與篩分等再利用處理程序所產出之再生粒料，符合中央目的事業主管機關之相關再利用規定或足以滿足工程需求者。按「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」之規定，可作為控制性低強度回填材料用粒料原料。

(5) 還原礫(石)再生粒料

本手冊所稱之「還原礫(石)再生粒料」，為前述還原礫(石)經破碎、磁選、篩分與安定化等再利用處理程序，所製成之再生粒料，符合中央目的事業主管機關之相關再利用規定並可滿足工程需求者。按「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」之規定，可作為控制性低強度回填材料用粒料原料。

(6) 飛灰

本手冊所稱之「飛灰」係為煤粉經鍋爐燃燒後，於氣體排放時以集塵設備收集而得之粉末。其品質須符合 CNS 3036「混凝土用燃煤飛灰及未煅燒或煅燒天然卜作嵐材料」^[10]之規定。

(7) 控制性低強度回填材料 (controlled low strength materials, CLSM)

依據美國混凝土學會定義(ACI 229R)^[11]，控制性低強度回填材料(CLSM)係為一種具免搗實(自充填)特性的膠凝複合材料，可替代需夯實的填充材料，工程應用上可做為管溝開挖後回填材料、橋梁引道回填材料及擋土牆背填材料等。CLSM 又可稱為流動性回填料、控制式低密度回填料、流動性砂漿、塑性泥土水泥、泥土水泥質泥漿等。CLSM 在營建工程上應用項目或範圍很廣泛如抗腐蝕填充料、導電填充料及耐久性鋪面基層材料等。一般如考慮管溝回填後，可能須利用人工或簡單機具方式再開挖的工程，規定 CLSM 齡期 28 天無圍束抗壓強度不得超過 84 kgf/cm^2 (8.3 MPa)。然而因應國內工程使用 CLSM 現況，共通性工項施工綱要規範^[12]建議應用於永久性結構回填工程，CLSM 28 天抗壓強度以不超過 90 kgf/cm^2 為佳，如應用於鋪面管溝回填工程，CLSM 28 天抗壓強度以 50 kgf/cm^2 為上限。

(8) 含還原渣(石)控制性低強度回填材料

「含還原渣(石)控制性低強度回填材料」(以下簡稱含還原渣(石)CLSM)，係指前項所述還原渣(石)經再利用處理程序，製成作為 CLSM 中的粒料或填充料。本手冊依據控制性低強度回填材料設計功能，安定化還原渣(石)分為部分或全部取代粒料使用方式。

(9) 旋轉窯渣^[13, 14]

一貫作業煉鋼廠及電弧爐煉鋼廠所產生之集塵灰(EAF dust)，其具有顆粒微細及氧化鐵含量高的特性，亦具有氧化鋅及氧化鉛等重金屬氧化物。將煉鋼集塵灰中之水分含量控制在 10% 左右，將集塵灰、焦炭、矽砂/矽砂替代料、或石灰/消石灰/碳酸鈣及其替代料等進料至 1,000°C ~ 1,300°C 的旋轉窯內進行高溫冶煉，將金屬氧化物還原，並使 Zn、Pb、Cd 揮發後迅速再氧化，隨著廢氣排出，先經旋風集塵機收集粗氧化鋅 (Zn 約 50~55% 及 Pb 約 5~7%)，經集塵器收集之粗氧化鋅再精製成氧化鋅。集塵灰中之高沸點成分與造渣劑矽砂/矽砂替代料、或石灰/消石灰/碳酸鈣及其替代料等燒結成旋轉窯爐渣(可再利用廢棄物 R-1207)。

1.4 適用範圍

本手冊規定及建議事項適用於管溝回填及公共工程道路之路基、基層、底層、坑洞或其他回填用途使用。除本手冊所述事項外，並應參照行政院公共工程委員會頒訂施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」相關規定(附錄二)。

1.5 內容說明

本手冊內容涵括使用含還原渣(石)CLSM 時所需各項資訊，本手冊各章內容綱要概述如下：

第二章 還原渣(石)性質與相關規定

本章主要說明還原渣(石)之材料性質，包含還原渣(石)之產出、再利用處理程序與材料使用要求、物理與化學性質、法規要求(包含

產源事業與再利用機構應符合規定)與允收標準等資訊。

第三章 還原碴(石)安定化步驟與品質管制

本章說明還原碴(石)的安定化技術及目前台灣電弧爐煉鋼還原碴(石)高壓蒸氣安定化程序與安定化成效。還原碴(石)安定化步驟分為兩個階段，第一階段為還原碴(石)安定化前處理程序；第二階段為高壓蒸氣安定化程序。

第四章 還原碴(石)再生粒料適用範圍與工程性質

本章主要說明含還原碴(石)CLSM 之適用範圍與工程性質及安定化前後之品管要求、安定化前後還原碴(石)允收標準，並介紹含還原碴(石)CLSM 之流動性、凝結時間與抗壓強度等工程性質。

第五章 還原碴(石)再生材料使用於 CLSM 作業與管理

本章主要說明處理還原碴(石)再利用機構需具備資格及處理還原碴(石)時應遵循之相關規定；有關還原碴(石)之產出、貯存、清運與流向管理等，皆應遵循「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」規定辦理。

第六章 含還原碴(石)CLSM 產製與施工

本章主要說明含還原碴(石)CLSM 之配比設計原則、注意事項、參考配比、實務參考案例及拌製、施工、品質檢驗及計量計價等應注意事項及允收標準。除參照工程會非屬共通性施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」相關規定外，應參照本章說明進行產製與施工作業。

第七章 含還原碴(石)CLSM 品質管理與注意事項

本章主要說明含還原碴(石)CLSM 之品質管理方式與應注意事項，安定化還原碴(石)應用於 CLSM 時，其品質與各階段作業密切相關，綜整說明相關品質管制措施及應注意事項，以提升使用還原碴(石)再生粒料之 CLSM 工程品質。

1.6 手冊使用者導引

本技術手冊可提供予工程相關業主(或機關)、施工廠商、監造廠商、再利用機構(本手冊係指可生產安定化還原渣(石)者)、預拌廠(本手冊係指可生產 CLSM 者)、煉鋼廠(還原渣(石)產源事業單位)等，使用含還原渣(石)CLSM 時的參考技術資料，其中各相關單位依其職責可優先參考本手冊部分章節：

- (1) 業主(或機關)或代表業主的技術顧問機構，於指定使用還原渣(石)再生粒料 CLSM 於特定工程前，應已知悉與還原渣(石)再生粒料 CLSM 各相關事項，所以可參考第二章~第七章內容，選定符合規定還原渣(石)再生粒料及全程管控 CLSM 品質。
- (2) 煉鋼廠可參照第二章與第五章內容，訂定產源還原渣(石)品質管理與流向追蹤策略及方法。
- (3) 再利用機構可參照第二章~第四章內容，訂定再利用機構端品質管理與流向追蹤策略及方法。
- (4) 預拌廠與施工廠商應參照第四章~第七章內容，採用正確含還原渣(石)CLSM 配比、產製與施工程序及含還原渣(石)CLSM 品質控制方法。
- (5) 監造廠商應參照第五章~第七章內容，落實監造程序並確保含還原渣(石)CLSM 工程品質。

第二章 還原渣(石)性質與相關規定

2.1 還原渣(石)產出

電弧爐煉鋼程序一般採用批次作業，冶煉過程依其化學反應分成三個階段，依序分為熔解期、氧化期及還原期。將廢鐵或廢鋼初步篩選後進行分類、秤重與加料，並將廢鋼鐵原料熔解成液態鋼水；為加速熔解，爐內通入高壓氧氣以加速氧化作用，此時廢鋼鐵中之氧化物開始生成少量之氧化渣(石)，繼續通入更多之氧氣，爐內雜質發生氧化反應，生成大量的固態氧化渣(石)及氣態氧化物(廢氣)，但此過程使鋼液含氧量過高，所以需加以還原；還原程序係添加大量生石灰、焦炭粒等副料，使其與氧化物反應，產生還原渣(石)並去氧脫硫淨化鋼液，同時可依性質需求加入不同外加料(如矽鐵、高碳錳鐵、焦炭、矽錳鐵、鋁錠等)，以調整鋼液成分，煉鋼爐渣即是由此電弧爐煉鋼過程所產出的熔渣，故電弧爐爐渣分為氧化渣(石)及還原渣(石)。電弧爐煉鋼廠產出之廢棄物主要為爐渣，次要為集塵灰及污泥。煉鋼爐渣產出流程如圖 2-1 所示。

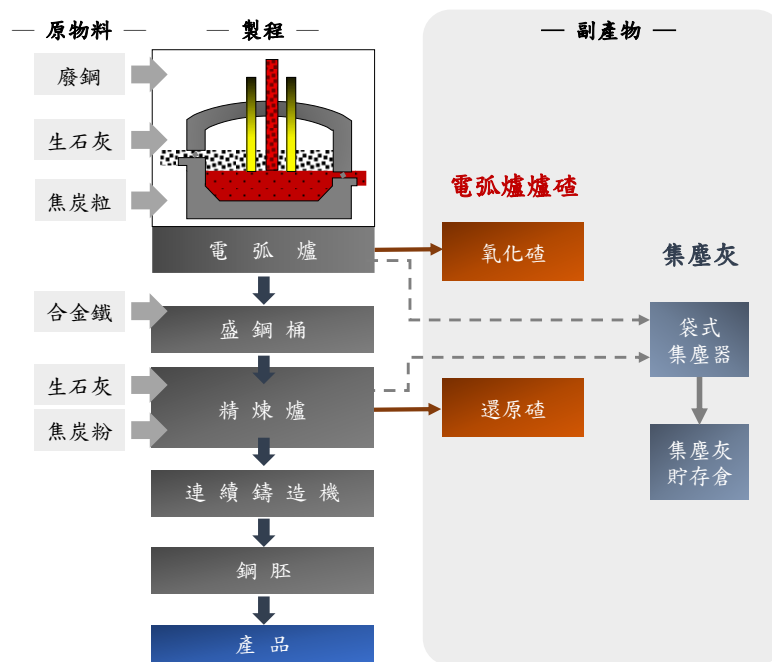
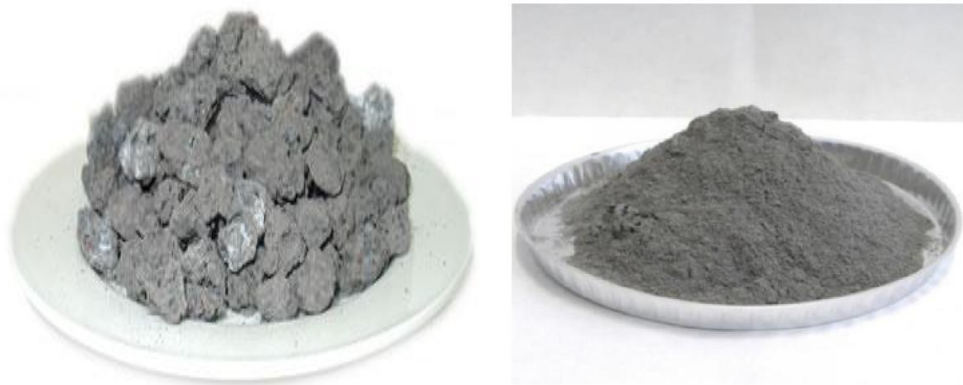


圖 2-1 煉鋼爐渣產出流程圖^[15]



氧化渣(石)

還原渣(石)

圖 2-2 氧化渣(石)與還原渣(石)外觀

氧化渣(石)中氧化鈣含量較低，氧化亞鐵含量較高，而還原渣(石)含量比例相反。在礦物組成方面，氧化渣(石)其礦物組成以橄欖粒料、薔薇輝粒料為主；而還原渣其礦物組成以 C_3S (矽酸三鈣)、 C_2S (矽酸二鈣)及 RO (二價金屬氧化物固熔體)為主^[16]。國內電弧爐煉鋼每生產 1,000 kg 之鋼約可產出 150-200 kg 的電弧爐渣。一般電弧爐煉鋼過程中所產出氧化渣(石)與還原渣(石)比例，依所產出的鋼料種類與處理流程不同而有所差異。鋼料概分為碳鋼、不銹鋼及特殊鋼三種。碳鋼廠中氧化渣(石)與還原渣(石)產量比約為 4：1，而不銹鋼廠中產量比約為 1：2，鑄鋼廠中產出約為 1：1^[17]。氧化渣(石)與還原渣(石)外觀如圖 2-2。

2.2 還原渣(石)再利用

還原渣(石)經處理後可使用於工程或作為產品原料，處理方式須依「經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式」規定，還原渣(石)再利用作為粒料前，應先經破碎、磁選、篩分及安定化程序，以符合工程需求之材料品質規格，如圖 2-3 所示。

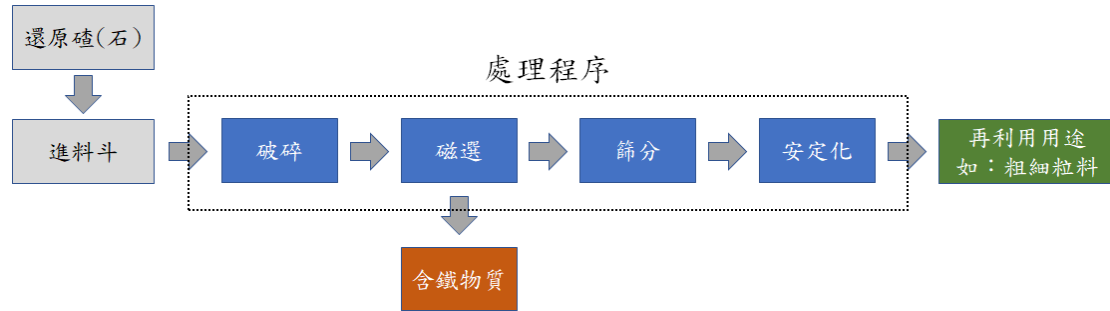


圖 2-3 還原礫(石)再使用前處理程序

還原礫(石)再使用前處理的分項作業包括：

(1) 破碎

破碎處理係指施以外力使大塊的還原礫(石)碎裂成不同粒徑顆粒，以利篩分。目前國內普遍採用機械破碎法，利用破碎機具，以震動或槌擊方式進行破碎。

(2) 磁選

磁選處理係指利用磁吸原理以回收破碎還原礫(石)內混含鐵物質如殘鋼等，該類含鐵物質經過回收煉製後可再使用於工業用途，且於還原礫(石)後端作為再生粒料時可減少表面鏽蝕斑點數量。

(3) 篩分

篩分係指將已經完成破碎與磁選處理程序的還原礫(石)，利用篩分機具篩出不同粒徑粒料，以符合工程級配需求。還原礫(石)經過前處理程序後，可做為工程使用之再生粒料。

(4) 安定化

安定化係指將已經完成前述破碎、磁選與篩分處理程序後的還原礫(石)，經高壓蒸氣安定化後，再依「CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法」^[18]檢測七天膨脹量，未超過百分之〇·五。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。此外，須依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表附件二進行熱壓膨脹試驗法，因目前並無相關認可之標準實驗室，故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。經檢測之試體外觀無爆裂、局部爆孔、崩解及破裂情形者，才可再利用作為控制性低強度回填材料用粒料源料或控制性低強度回填材料原料。

2.3 還原渣(石)性質

還原渣(石)性質主要與電弧爐煉鋼使用原料與程序條件有關，而還原渣(石)再利用前處理程序(破碎、磁選、篩分及安定化)，係改變還原渣(石)粒徑、除去含鐵物質及產出不同粒徑分布，還原渣(石)性質概述如下：

1. 化學性質^[19]

電弧爐煉鋼爐渣(石)的化學組成，主要為含鈣、鎂、鋁、鐵和矽等元素組成的 $\text{CaO}(\text{MgO})\text{-Al}_2\text{O}_3(\text{Fe}_2\text{O}_3)\text{-SiO}_2$ 三元系統如圖 2-4 所示，其化學組成比例介於矽酸鹽水泥熟料和高爐石間。

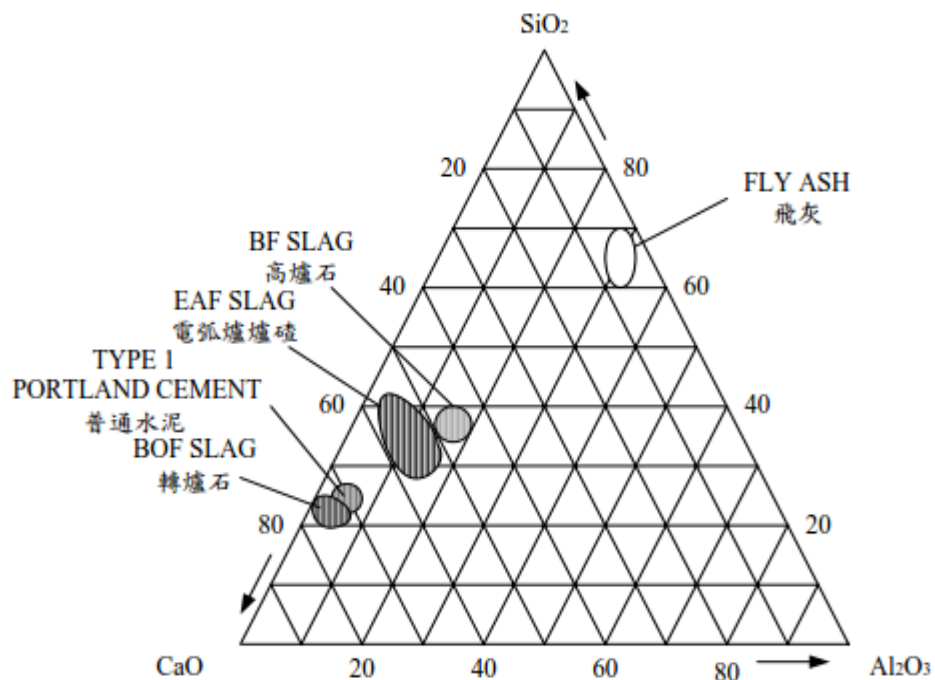


圖 2-4 電弧爐爐渣(石)、普通水泥及高爐石 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 三相圖

依經濟部工業局(現改制為產業發展署)2001 年出版之「電弧爐煉鋼還原渣資源化應用技術手冊」中所提及氧化渣(石)與還原渣化學成分分析及鋼鐵公會統計結果(如表 2-1 與表 2-2 所示),還原渣(石)各主要化學成分的活性特性概述如下:

- (1) 氧化鈣(CaO): 還原渣(石)的氧化鈣含量在 30-56%左右,與高爐渣接近,但兩者生成方式不同,高爐渣係以水淬方式急速冷卻,而還原渣則多為緩慢冷卻,故相較之下活性較低。
- (2) 二氧化矽(SiO_2): 二氧化矽為還原渣(石)的次要成分,含量約在 11%-28%之間,由於還原渣(石)中的 CaO 與 MgO 總含量小,故二氧化矽無法充分結合成玻璃質結構。
- (3) 氧化鋁(Al_2O_3): 氧化鋁亦是決定爐渣活性之成分之一,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): 還原渣(石)的氧化鎂含量在 4%-25%之間,因此若未安定化即拌製混凝土,將為體積膨脹的因素之一。
- (5) 氧化鐵(Fe_2O_3): 還原渣(石)的氧化鐵含量約在 1-5%之間,相較之下,不銹鋼還原渣(石)的氧化鐵含量較低,約在 0.8-4.5%之間。
- (6) 硫(S): 硫在爐渣中通常與 CaO 結合成 CaS ,與水作用生成 Ca(OH)_2 ,如有 MnO 存在時,易生成 MnS 。
- (7) 游離氧化鈣(f-CaO): 游離氧化鈣可吸收大氣中水分與二氧化碳(CO_2)而導致風化作用發生。
- (8) 其他雜質: 還原渣(石)內可能含有各類物質,由於含量甚低,一般認為只會使還原渣(石)微觀結構更加鬆散,進而增加還原渣(石)活性。

表 2-1 氧化渣(石)與還原渣(石)化學成分^[20]

成分	氧化渣(石) (%)	還原渣(石) (%)
CaO	23.89-35.11	48.45-48.69
SiO ₂	15.75-20.43	22.41-28.98
Al ₂ O ₃	2.69-5.83	14.11-17.60
MgO	1.89-7.97	6.23-9.82
MnO	1.29-3.15	0.22-0.30
S	0.05-0.08	0.77-1.53
SO ₃	0-0.03	0.04-0.38
Fe ₂ O ₃	33.61-38.19	1.13-1.53
T-Fe	14.20-27.98	2.03-2.68
f-CaO	0-0.16	0.30-7.66
有效鹼 Na ₂ O+0.658KO	0.03-0.09	0.03-0.16

表 2-2 電弧爐煉鋼爐渣(石)化學成分之含量(鋼鐵公會統計)

成分	碳鋼氧化渣(石) (%) ⁽¹⁾	不銹鋼氧化渣(石) (%) ⁽²⁾	碳鋼還原渣(石) (%) ⁽³⁾	不銹鋼還原渣(石) (%) ⁽²⁾
CaO	23.39-37.44	26.01-37.06	30.73-55.42	44.30-52.07
SiO ₂	13.81-20.43	25.79-34.60	11.65-27.97	16.00-24.50
Al ₂ O ₃	2.69-11.27	5.53-7.70	0.69-19.88	0.95-24.20
MgO	1.89-9.98	7.34-14.6	4.87-24.75	4.31-12.68
MnO	1.29-3.26	2.14-4.06	0.15-0.47	0.12-1.18
S	0.05-0.08	<0.158	0.23-0.87	0.31-0.34
SO ₃	<0.16	<0.07	1.67-2.37	<0.372
Fe ₂ O ₃	20.1-38.19	4.57-6.14	2.57-5.00	0.88-4.41
f-CaO	<0.16	-	1.3-5.18	<0.24
註：				
⁽¹⁾ 103-105年度各碳鋼廠產出檢驗統計資料。				
⁽²⁾ 106-109 年度各不銹鋼廠產出檢驗統計資料。				
⁽³⁾ 106年度各碳鋼廠產出檢驗統計資料。				

2. 物理性質

(1) 外觀

還原礫(石)表面呈現灰色或灰黑色,如圖 2-2 所示。相較於氧化礫(石),還原礫(石)顆粒平均粒徑較小,粒徑分佈大。安定化後的還原礫(石)色澤較淺,經研磨前後如圖 2-5 所示,細度模數約由 2.78 降至 1.75。

(2) 比重

還原礫(石)因鐵質氧化物金屬含量較高,安定化後比重介於 $2.8 \sim 3.0$ ^[21],較一般天然砂粒料比重($2.5 \sim 2.7$)高。

(3) 吸水率

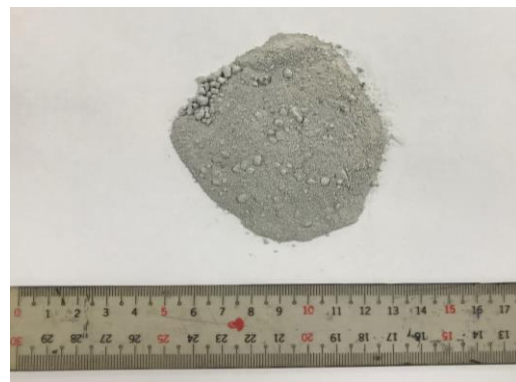
未安定化之還原礫(石)吸水率約在 $0.4 \sim 35.69\%$ 之間^[20],安定化後還原礫(石)吸水率約在 $2.8 \sim 3.1\%$ 之間^[21],研磨過篩後可達 17% ,較天然砂粒料之吸水率($1.5 \sim 3.5\%$)高,此係還原礫(石)比表面積較大之故。

(4) 浸水膨脹值

安定化前,還原礫(石)之浸水膨脹值約介於 $0.3\% \sim 8\%$ ^[22],而安定後還原礫(石)之浸水膨脹值約介於 $0.11 \sim 0.37\%$ ^[21]。



(a)



(b)

圖 2-5 安定化後還原礫(石)((a)研磨前;(b)研磨後)

3. 還原渣(石)粒料之環保規範

依據「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表，產源事業於電弧爐煉鋼爐渣(石)出廠前，應依中央主管機關公告之檢測方法，每年至少檢測 1 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 1 次氫離子濃度(pH 值)，連續 3 個月之 pH 檢測值小於 12.5 者，得每年至少檢測一次。各鋼廠所產出之電弧爐煉鋼爐渣(石)重金屬毒性溶出及氫離子濃度指數試驗結果與管制標準如表 2-3 所示，均可符合相關環保規範。

表 2-3 還原礫(石)重金屬毒性特性溶出及氫離子濃度指數結果

檢測項目	規範值 ^[2] (mg/L)	檢測方法 ⁽¹⁾	還原礫(石) 檢測值 ⁽²⁾	不銹鋼 還原礫(石) 檢測值 ⁽³⁾
鉛	≤5.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M104.02C	≤0.202	≤0.05
鎘	≤1.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M104.02C	≤0.0046	ND
鉻	≤5.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M104.02C	≤1.47	≤0.554
硒	≤1.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M104.02C	≤0.273	≤0.048
銅	≤15.0	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M104.02C	≤0.021	≤0.001
鋇	≤100	NIEA R201.15C NIEA R306.13C NIEA M104.02C	≤4.72	0.290-0.573
六價鉻	≤2.5	NIEA R201.15C NIEA R309.12C	≤0.1	≤0.04
砷	≤5.0	NIEA R201.15C NIEA R318.12C	≤0.046	≤0.046
汞	≤0.2	NIEA R201.15C NIEA R314.12C	≤0.0011	≤0.0016
氫離子濃度 指數(pH值)	2-12.5	電極法	9.23-12.19	10.81-12.44
	(溫度)		(22.8-28.3)	(25.1-28.3)

(1) National Institute of Environmental Analysis (NIEA)

NIEA R201.15C：事業廢棄物毒性特性溶出程序

NIEA R208.04C：廢棄物之氫離子濃度指數(pH 值)測定方法－電極法

NIEA R306.13C：事業廢棄物萃出液中重金屬檢測方法-酸消化法

NIEA R309.12C：事業廢棄物萃出液中六價鉻檢測方法-比色法

NIEA R314.12C：冷蒸氣原子吸收光譜法

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 M104.02C：感應耦合電漿原子發射光譜法

(2) 鋼鐵公會提供 108 年 10 家鋼鐵廠檢驗數據

(3) 鋼鐵公會提供 108-109 年 4 家不銹鋼鋼鐵廠檢驗數據

2.4 還原渣(石)再利用管理規定與相關標準

還原渣(石)性質主要與電弧爐煉鋼使用原料與程序條件有關，而還原渣(石)再利用前處理程序(破碎、磁選、篩分及安定化)

1. 再利用管理規定

還原渣(石)再利用須遵循「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表「編號八、電弧爐煉鋼爐渣(石)」辦理，與還原渣(石)再利用於控制性低強度回填材料用料原料及控制性低強度回填材料原料相關之規定概述如下：

(1) 電弧爐煉鋼爐渣(石)：

管理辦法所稱之電弧爐煉鋼爐渣(石)為基本金屬製造業在電弧爐煉鋼程序所產生之氧化渣(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。

(2) 再利用用途：

還原渣(石)(含不銹鋼製程產生者)可再利用於控制性低強度回填材料用料原料、控制性低強度回填材料原料。

(3) 再利用機構應具備下列資格：

還原渣(石)再利用機構應為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：控制性低強度回填材料用料、控制性低強度回填材料。

(4) 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、照明與通風設備。

2、受託再利用前應與產源事業簽訂記載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再利用機構運作申報區(以下簡稱指定申報區)提報該契約書；其變更時，亦同。

3、再利用應符合下列規定：

(1)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)經安定化處理後之還原碴(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」^[18]檢測一次，經檢測之七天膨脹量未超過百分之〇·五者，始得進行再利用。

(4)控制性低強度回填材料用粒料再利用產品使用對象非屬同一法人者，電弧爐煉鋼爐碴(石)應以高壓蒸氣處理設備安定化，經高壓蒸氣處理須維持爐內壓力至少在 20.1 kgf/cm² 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。

(5)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。

(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。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。

(7)再利用於控制性低強度回填材料用途者，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再利用用途產品。

4、電弧爐煉鋼爐渣(石)經再利用程序產出之再生粒料，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再生粒料環境用途溶出程序檢測有毒重金屬項目，經檢測未超過「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附件三標準者，始得再利用。但再利用用途產品為水泥者，不在此限。

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) 再利用產品品質應符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附件四規範，且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。

(2) 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共通性工項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。再利用用途產品為粒料者，各用途粒料之貯存量及其銷售量應分別加總計算。
- 8、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礫(石)或還原礫(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、前目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，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。

- 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：

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 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、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及粒料再利用產品使用者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、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。
- 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。

(四) 電弧爐煉鋼爐礫(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。

2. 公共工程施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」

公共工程非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章第 2.2.4 節控制性低強度回填材料粒料規定如下：CLSM 使用之粒料，可為產製混凝土用粒料、現場開挖土石方或再生粒料。粒料粒徑不得超過[19][50]mm，其大於[19][50]mm 者應篩除或軋碎處理；其中大於 No.4 試驗篩 4.75 mm 之粗粒料用量不得超過[400] kg/m³。使用粒料之規定概述如下：

- (1) 混凝土用粒料應符合 CNS 1240^[23]之規定。
- (2) 現場開挖土石方應依 CNS 12387^[24]加以分類，其中泥炭土、高塑性有機質土及低塑性有機質土含量不得大於[10]%，並應符合第 02320 章「不適用材料」之相關規定。
- (3) 脫硫爐石粒料為煉鋼副產物脫硫爐石經加工處理所製成，應符合環保署公告之「毒性特性溶出程序(TCLP)」為無害者，其含水量不得大於[30]%，並經必要性之安定化前處理程序，且滿足工程需求者，取代粒料比例不得大於[50]%，如使用時應注意氯離子含量，並應符合本章之 3.6.2 款規定。
- (4) 再生粒料應符合中央目的事業主管機關之相關再利用規定或經第三者專業機構驗證足以滿足工程需求者。

第三章 還原渣(石)安定化步驟與品質管制

3.1 還原渣(石)安定化處理技術

為使還原渣(石)達到工程所需之粒料要求，前已有許多還原渣(石)安定化之方法及處理技術以提高其穩定性，茲說明如下^[25]：

1. 水淬法

水淬法係利用壓力水泵噴出高壓水柱將高溫熔渣流沖碎、冷卻成粒渣，小於 5 mm 的粒渣量，一般佔 95% 以上。水淬法又分爐前水淬和室外水淬兩種方式。

2. 氣碎法

氣碎法與水淬法之處理機制稍有類似，不同處在於水淬法係直接以高壓水柱沖碎高溫熔渣，而氣碎法則以高壓氣體代替高壓水柱沖碎高溫熔渣。

3. 餘熱自解法

煉鋼還原渣(石)餘熱自解，一般是利用 400-800°C 的高溫煉鋼還原渣(石)淋水後所產生的溫度應力，同時 f-CaO 吸水(水蒸氣)消解後亦產生的體積膨脹應力，兩者使煉鋼還原渣(石)冷卻、龜裂及粉化。煉鋼還原渣(石)的粉化率(粒徑小於 10 mm 的粉渣含量)與煉鋼還原渣(石)中 f-CaO 含量有關，一般含 4% f-CaO 的煉鋼還原渣(石)，粉化率約為 35-40%，並隨 f-CaO 含量增加而增加。餘熱自解法有渣桶自解、渣堆自解、封閉倉常壓自解、密封罐加壓自解等。

4. 熱潑法

熱潑法是將煉鋼爐排出的熔渣先用渣桶運送到熱潑場，再將熔渣倒在坡度為 3-5% 的熱潑床上，待熔渣自流成渣餅稍冷後，噴水使之急冷，渣餅因溫度應力等而龜裂成大塊，待溫度降到 300-400°C 時，再在其潑第二層、第三層等，渣餅也因為溫度反覆變化而進一步龜裂，當渣層總厚度達到 500-600 mm 時，用推土機推起，用磁盤吊選出大塊殘鋼，塊渣便可進一步加工。

5. 淺盤潑法

淺盤潑法也稱為淺盤水淬法，煉鋼爐排出流動性好的熔渣，由渣桶倒入特製的大盤中，熔渣自流成渣餅後，噴水使之急冷，渣餅龜裂成大塊渣，當渣溫降到約 500°C 時，將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，最後待渣塊溫降到約 200°C 時，再把渣塊由受渣車倒入渣池進行第三次冷卻，渣塊也進一步龜裂粉化，水渣由池中取出脫水後，即可進一步加工處理。

6. 快速處理法

利用 CO₂ 和溫水對還原渣(石)進行快速穩定化處理，CO₂ 可來自石灰窯廢氣或其他來源，溫度 250°C，經過 48 小時處理後，風化膨脹率從 5.1% 減少到 0.2%，低於用溫水處理後的膨脹率，此法之原理係使 CaO 不僅變成 Ca(OH)₂，而且變成 CaCO₃，從而提高了煉鋼還原渣(石)的穩定性。

7. 改質法

煉鋼爐出渣前將改質劑「飛灰」(SiO₂ 53%、Al₂O₃ 24%、CaO 8%、t-Fe₃) 加入渣罐中，加入量為 50 kg/t 渣，採用機械攪拌(70 rpm，共 10 min.)，使渣中 f-CaO 降到 1% 以下，改質劑亦可使用赤土(SiO₂ 50-60%、Al₂O₃ 15-25%、Fe₂O₃ 5-10%、結晶水 4~8%)，加入量約為 3-6%，此法的原理係使 CaO 變成 2CaO · SiO₂ 和 2CaO · Fe₂O₃，抑制煉鋼還原渣(石)風化膨脹。

8. 熱悶法

熱悶法對鋼渣的適應性很廣，如圖 3-1 所示，固態渣及液態渣均能得到有效處理，而且其技術簡單、投資成本低，運用蒸氣養生技術，使鋼渣中 f-CaO 和 f-MgO 的充分消解，安定性好，這為鋼渣的建材資源化利用提供了良好的品質保證。

此外，還有自然風化法，即為類似傳統的棄渣法，將煉鋼還原渣(石)運送到渣場有規律地堆放，讓煉鋼還原渣(石)自然降溫、淋雨、吸潮，以達到粉化的目的。利用時，以挖掘機開採即可，比較上述處理技術，熱悶法是提高煉鋼還原渣

(石)穩定性的最佳方法，比用水處理更有利，因為熱悶法運用蒸氣使 f-CaO 更容易反應成氫氧化物。

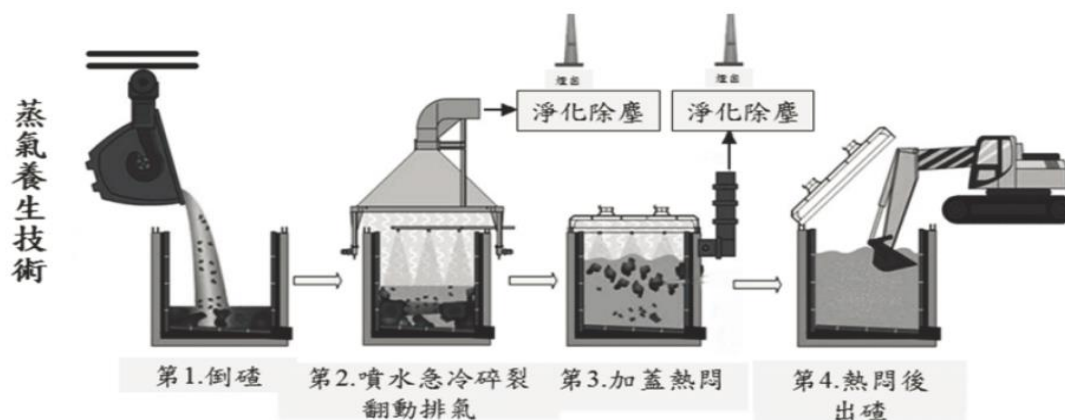


圖 3-1 還原渣(石)安定化技術(熱悶法)

3.2 電弧爐煉鋼還原渣(石)高壓蒸氣安定化法

電弧爐煉鋼還原渣(石)高壓蒸氣安定化方式係使用高壓蒸氣處理還原渣(石)的膨脹因子，於執行安定化前，須確認粒料已通過有毒重金屬、戴奧辛及 pH 檢測。執行安定化程序時，以蒸氣鍋爐產生高壓蒸氣通入蒸壓釜中，還原渣(石)則置於蒸壓釜內之台車中，在蒸壓釜中通入蒸氣壓力 21 kgf/cm^2 之水蒸氣(溫度約 $215.7 \pm 1.3^\circ\text{C}$)之蒸氣，並在蒸壓釜內壓力 21 kgf/cm^2 之條件下持壓 3 小時以上，使還原渣(石)體積不穩定之成份透過高壓蒸氣之安定化程序，完成體積穩定化之反應。

3.3 高壓蒸氣安定化還原渣(石)之機理

電弧爐煉鋼還原渣(石)再利用上之最大疑慮在於本身體積之高膨脹率，原因為還原渣(石)含有大量未反應完之生石灰，這些未反應完之氧化鈣會以游離氧化鈣(f-CaO)之形式存在，而游離氧化鈣之特點為活性大，易與水及二氧化碳反應消解成氫氧化鈣及碳酸鈣。在游離氧化鈣轉換成氫氧化鈣之過程中，還原渣(石)之體積會膨脹，而當游離氧化鈣完全反應消解或是含量低時，還原渣(石)才會趨於穩定。還原渣內的 f-CaO 或 f-MgO 於內起水化反應，其反應式如下：



3.4 台灣高壓蒸氣安定化還原渣(石)之程序

台灣目前針對電弧爐煉鋼還原渣(石)高壓蒸氣安定化程序主要如圖 3-2 與圖 3-3 所示，主要分為兩個階段，第一階段為還原渣(石)安定化前處理程序；第二階段為高壓蒸氣安定化程序。還原渣(石)內的 $f\text{-CaO}$ 或 $f\text{-MgO}$ 需與水產生水化反應方能達成安定化之成效，而還原渣(石)之粒徑尺寸會影響水化反應之時間與效果，故第一階段前處理程序之目的為將煉鋼廠還原渣(石)破碎成粒徑 5 mm 以下，且在此過程中亦使用磁選機將還原渣(石)中的殘鐵選出，一方面可將還原渣(石)處理細顆粒，以利還原渣(石)水化反應；另一方面可將還原渣(石)的殘鐵移除，減少後續應用於工程時產生鏽斑之情形發生，避免引起不必要之工程品質疑慮。

還原渣(石)安定化時須與水產生反應，高壓蒸氣安定化之反應環境為讓還原渣(石)處於內壓力 $21 \pm 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 之蒸壓釜內與水蒸氣反應，並持壓 3 小時以上。第二階段之工作即為完成此一程序，實務上，在進行高壓蒸氣安定化時，乃將定量之還原渣(石)盛裝於容器中，並將裝有還原渣(石)之容器置於蒸壓釜內，使還原渣(石)於密閉之蒸壓釜內與壓力 $21 \pm 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 之水蒸氣(溫度約 $215.7 \pm 1.3^\circ\text{C}$)進行反應。依長期操作還原渣(石)安定化之經驗，安定化時間為主要控制參數，多為每批次 5 小時。若進場檢測異常(含水率、 $f\text{-CaO}$ 、 $f\text{-MgO}$)則延長安定化時間至 6 小時。以上安定化後之還原渣(石)，於輸送至成品待驗區前，隨機於輸送皮帶上取樣，每日三班作業，每班取樣 20 kg，每日總共取樣 60 kg，之後再混樣進行浸水膨脹率與熱壓膨脹檢測，合格後方能入庫。

在完成兩階段之還原渣(石)安定化程序後，安定化還原渣(石)須符合經濟部事業廢棄物再利用管理辦法之產品檢驗，每月委託檢驗機構依「CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法」^[18]檢測，經檢測之七天膨脹量未超過百分之〇·五者，且委託機構依該辦法附件附表檢測熱壓膨脹，經檢測之試體外觀無爆裂、局部爆孔、崩解及破裂情形。除此之外，廠內亦進行自主品管，如前述，每日於成品皮帶上隨機取樣，進行上述浸水膨脹與熱壓膨脹試驗。合格後，方可使用於該辦法所許可之再利用用途上。

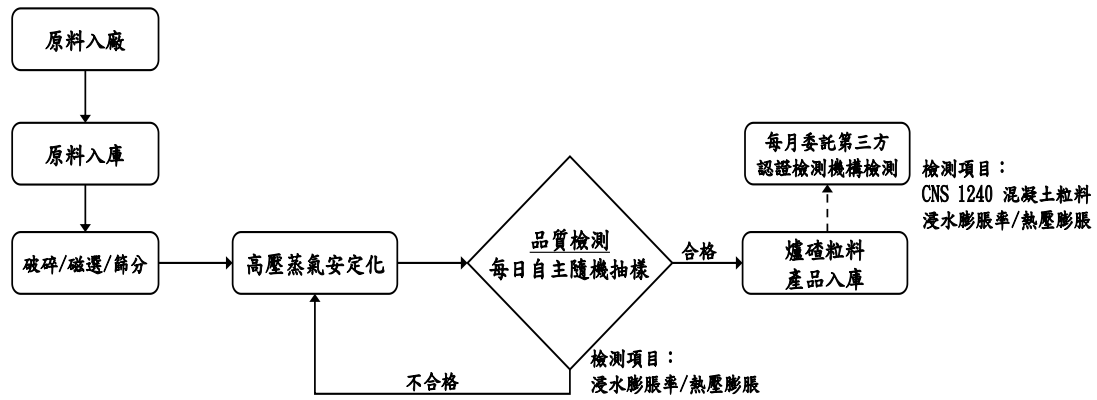


圖 3-2 電弧爐煉鋼還原礫(石)高壓蒸氣安定化程序流程圖



圖 3-3 電弧爐煉鋼還原礫(石)破碎、磁選、篩分、安定化與集塵生產線設備

第四章 還原礫(石)再生粒料適用範圍與工程性質

4.1 適用範圍

還原礫(石)再生粒料拌製成 CLSM，除須符合工程主辦機關 CLSM 規範要求外，並應符合經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表再利用管理方式之規定。還原礫(石)CLSM 產製之控制性低強度回填材料僅限供作管溝回填及公共工程道路之路基、基層、底層、坑洞或其他回填用途使用。

4.2 還原礫(石)品管要求

還原礫(石)再生粒料欲使用於控制性低強度回填材料用粒料、控制性低強度回填材料時，首先依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表」規定，其品管分為產源事業與再利用機構兩部分，其次須依工程會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」規定，要求再生粒料工程性質。

1. 產源事業

未安定化還原礫(石)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。

產源事業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。依契約書屬安定化處理執行單位者，須具備安定化處理設備，且安定化還原礫(石)，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」^[18]檢測一次，經檢測之七天膨脹量未超過百分之〇．五。

2. 再利用機構

安定化還原礫(石)應依中央主管機關公告之檢測方法，每年度至少檢測一次

戴奧辛及依再生粒料環境用途溶出程序檢測有毒重金屬項目，經檢測未超過「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表」附件三標準者，始得再利用。

3. 預拌廠

拌和廠於安定化還原渣(石)粒料進廠前，須要求再利用機構依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表」提供材料來源及流向證明、未安定化電弧爐煉鋼還原渣戴奧辛及有毒金屬溶出試驗、安定化電弧爐煉鋼還原渣(石)戴奧辛及環境用途溶出試驗及安定化電弧爐煉鋼還原渣(石)水合作用膨脹試驗等試驗報告，亦依工程會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」，以 CNS 1240^[23]作為允收標準要求再利用機構提供符合 CNS 1240^[23]性質要求之安定化還原渣(石)粒料試驗報告。

4.3 含還原渣(石)CLSM 工程性質

含還原渣(石)CLSM，係使用經安定化處理後之還原渣(石)取代一般粒料拌製成之 CLSM，其流動性、凝結時間及抗壓強度等工程性質須符合規定要求，有關安定化還原渣(石)應用於 CLSM 相關技術與適用性見於文獻^[21]。該文獻中將所取得之安定化還原渣(石)先依照 CNS 15311^[18]檢測浸水膨脹值分成 Group 1 還原渣(<0.2%)、Group 2 還原渣(0.2%-0.4%)及 Group 3 還原渣(>0.4%)三類，再以#4 篩(4.76 mm)篩分為粗細粒料，細粒料用於製作 CLSM，所使用的配比表 4-1 所示，期間並未使用粗粒料，試驗結果如表 4-2 與表 4-3 所示，並分述如下。

1. 流動性

流動性為判斷 CLSM 工作性之依據，其可利用混凝土坍流度試驗(CNS 14842^[26])或管流度(CNS 15462^[27])進行測定。一般 CLSM 坍流度至少需大於 400 mm。文獻^[21]提及不同粒徑細度會直接影響新拌 CLSM 特性，細度模數(FM)愈小，比表面積愈大，對工作性愈不利，但這些工作性質基本上均可藉由添加摻料調整達成。

就管流度而言，添加細度模數(FM=2.64)較大的 Group 1 還原渣，因顆粒較粗，比表面積較小，顆粒間剪力較小，黏滯性相對較低，漿體較容易流動，當取

代比例增加時，工作性則有愈佳的趨勢。使用粒徑較小的 Group 2 還原碴時(FM=2.28)，當還原碴取代比例愈多，會導致管流度因而降低。使用粒徑最小的 Group 3 還原碴時(FM=1.92)，即使完全取代天然砂(100%)時，管流度值大為降低，但仍符合台北市政府新工處的規定，管流度需在 15-20 cm 以內。

表 4-1 含還原碴(石)控制性低強度材料(CLSM)基本配比表^[21]

CLSM 配比 (單位：kg/m³)											
編號	水膠比	砂膠比	漿質濃度	取代比例	強塑劑	速凝劑	水泥	飛灰	還原礫	水	細粒料
C1F1S0A6SP5	1.0 8	6	1	0%	5 %	6 %	136.2	136.2	0	294.7	1567.1
C1F1S33A6SP5				33%			139.1	139.1	528.0	300.9	1072
C1F1S66A6SP5				66%			142.1	142.1	1078.7	307.3	555.7
C1F1S100A6SP5				100%			145.3	145.3	1671.3	314.3	0
C1F1S0A8SP5				0%		8 %	136.2	136.2	0	294.7	1567.1
C1F1S33A8SP5				33%			139.1	139.1	528.0	300.9	1072
C1F1S66A8SP5				66%			142.1	142.1	1078.7	307.3	555.7
C1F1S100A8SP5				100%			145.3	145.3	1671.3	314.3	0
C1F1S0A10SP5				0%		10 %	136.2	136.2	0	294.7	1567.1
C1F1S33A10SP5				33%			139.1	139.1	528.0	300.9	1072
C1F1S66A10SP5				66%			142.1	142.1	1078.7	307.3	555.7
C1F1S100A10SP5				100%			145.3	145.3	1671.3	314.3	0
備註：代號及符號說明 C1-F1-S33-A6-SP5：C1：水泥與飛灰漿值濃度為 1:1；F1：水泥與飛灰漿值濃度為 1:1；S0：取代比例為 0%；A6：速凝劑為總膠結材料 6%的重量比；SP5：強塑劑為總膠結材料 5%的重量比。											

表 4-2 含還原渣(石)控制性低強度材料(CLSM)新拌性質^[21]

Group1 還原渣					
編號	工作性		單位重	凝結時間	
	管流度 (cm)	坍流度 (cm)	新拌單位重 (kg/m ³)	初凝時間 (hr)	落球時間 (hr)
C1F1S0A6SP5	20	53	1940	9.1	-
C1F1S33A6SP5	27	70	1816	8.4	-
C1F1S66A6SP5	29	72	1749	8.1	-
C1F1S100A6SP5	21	54	1657	7.8	8.6
C1F1S0A8SP5	21	55	1976	8.9	-
C1F1S33A8SP5	29	73	1873	8.1	-
C1F1S66A8SP5	30	75	1738	7.9	10.2
C1F1S100A8SP5	22	55	1698	7.3	7.9
C1F1S0A10SP5	20	53	1981	8.7	-
C1F1S33A10SP5	25	66	1886	7.9	7.6
C1F1S66A10SP5	25	63	1789	6.7	7.4
C1F1S100A10SP5	20	48	1728	5.6	6.7
Group2 還原渣					
C1F1S0A6SP5	20	53	1896	8.6	-
C1F1S33A6SP5	24	77	1763	6.5	8.3
C1F1S66A6SP5	23	75	1689	4.8	6.7
C1F1S100A6SP5	22	54	1573	4.1	5.9
C1F1S0A8SP5	20	58	1943	8.2	-
C1F1S33A8SP5	25	79	1797	6.4	5.9
C1F1S66A8SP5	28	81	1685	4.6	6.4
C1F1S100A8SP5	22	55	1597	3.9	5.2
C1F1S0A10SP5	20	56	1899	7.6	-
C1F1S33A10SP5	22	74	1789	5.9	7.1
C1F1S66A10SP5	20	70	1712	4.1	6.2
C1F1S100A10SP5	20	54	1639	3.6	5.4
Group3 還原渣					
C1F1S0A6SP5	20	54	1961	8.3	-
C1F1S33A6SP5	28	79	1764	5.4	7.8
C1F1S66A6SP5	22	60	1686	4.7	6.2
C1F1S100A6SP5	17	42	1639	5.3	7.6
C1F1S0A8SP5	20	55	1976	7.9	-
C1F1S33A8SP5	25	75	1773	5.1	6.9
C1F1S66A8SP5	22	53	1698	4.2	6.4
C1F1S100A8SP5	19	49	1643	5.4	6.8
C1F1S0A10SP5	20	53	1981	7.3	-
C1F1S33A10SP5	23	73	1753	4.9	5.6
C1F1S66A10SP5	20	56	1687	3.8	5.1
C1F1S100A10SP5	18	50	1601	4.9	6.7

表 4-3 含還原礫(石)控制性低強度材料(CLSM)抗壓強度^[21]

Group1 還原礫 (kgf/cm ²)						
編號	齡期 12 小時	齡期 1 天	齡期 3 天	齡期 7 天	齡期 14 天	齡期 28 天
C1F1S0A6SP5	3.16	7.14	28.46	52.95	61.16	80.49
C1F1S33A6SP5	3.67	7.67	37.81	69.81	78.96	84.17
C1F1S66A6SP5	4.89	8.91	29.49	54.63	67.66	82.61
C1F1S100A6SP5	4.26	4.95	26.43	43.79	53.18	59.79
C1F1S0A8SP5	3.59	7.54	25.78	46.71	57.94	81.67
C1F1S33A8SP5	3.91	7.88	27.93	51.44	59.97	80.16
C1F1S66A8SP5	4.66	8.49	28.77	54.58	62.18	83.14
C1F1S100A8SP5	5.82	6.81	24.49	44.96	55.15	79.61
C1F1S0A10SP5	3.73	8.93	26.14	47.87	61.28	81.49
C1F1S33A10SP5	4.67	9.34	34.76	44.19	59.47	80.51
C1F1S66A10SP5	4.84	9.98	35.61	48.15	61.71	82.16
C1F1S100A10SP5	3.79	8.46	33.97	40.46	49.47	78.14
Group2 還原礫 (kgf/cm ²)						
C1F1S0A6SP5	3.69	7.16	29.11	54.61	75.46	84.82
C1F1S33A6SP5	3.51	7.50	38.48	77.15	88.84	90.35
C1F1S66A6SP5	5.54	10.82	24.61	45.56	80.83	85.37
C1F1S100A6SP5	4.89	5.50	26.94	45.42	71.41	80.03
C1F1S0A8SP5	3.79	7.91	26.71	47.83	63.14	80.66
C1F1S33A8SP5	4.92	6.78	28.79	51.84	71.53	81.05
C1F1S66A8SP5	8.76	9.48	30.93	66.43	76.59	91.55
C1F1S100A8SP5	4.79	7.51	22.27	60.28	73.24	82.09
C1F1S0A10SP5	6.99	16.03	36.01	58.67	63.18	79.98
C1F1S33A10SP5	5.65	9.53	37.68	61.92	65.83	79.37
C1F1S66A10SP5	6.95	9.75	37.60	40.65	49.57	82.45
C1F1S100A10SP5	4.09	9.17	31.19	42.64	62.93	79.87
Group3 還原礫 (kgf/cm ²)						
C1F1S0A6SP5	3.54	8.47	28.40	49.71	71.44	82.34
C1F1S33A6SP5	3.46	7.41	32.98	69.47	80.14	82.61
C1F1S66A6SP5	4.79	7.97	27.61	48.12	61.78	74.81
C1F1S100A6SP5	3.94	6.91	24.79	40.16	58.79	68.95
C1F1S0A8SP5	4.61	7.98	29.10	48.60	68.60	80.61
C1F1S33A8SP5	4.79	7.86	25.60	55.89	68.61	80.34
C1F1S66A8SP5	4.67	7.49	24.61	45.12	62.71	75.81
C1F1S100A8SP5	3.86	6.71	20.49	49.61	66.97	78.49
C1F1S0A10SP5	3.74	8.82	23.74	49.77	69.44	81.34
C1F1S33A10SP5	3.56	7.74	28.98	59.47	70.23	80.61
C1F1S66A10SP5	4.81	7.57	26.71	48.85	65.54	79.81
C1F1S100A10SP5	3.21	5.97	23.54	55.41	68.13	76.14

2. 落球時間

落球試驗法(CNS 15862^[28])是決定施加荷重適當時間的試驗方法，亦為判斷 CLSM 澆置後，是否可進行鋪面施工的重要依據參數。依照規範建議當落球試驗之壓紋直徑小於 76 mm 所需時間，可做為進行後續工作之判定指標。文獻^[21]提及落球時間隨著初凝時間越短而越短，所有配比皆可於 24 小時內達成。

3. 抗壓強度

CLSM 的抗壓強度可參照 CNS 15865「控制性低強度材料圓柱試體之製備及試驗法」^[29]進行試驗。文獻^[21]提及所有配比之一天抗壓強度皆可大於 7 kgf/cm²，大部份皆低於 90 kgf/cm²。表 4-3 中的試驗結果顯示，以安定化還原渣(石)替代天然粒料時，多數配比之 28 天抗壓強度並無明顯變化。

第五章 還原碴(石)再生材料使用於 CLSM 作業與管理

5.1 一般原則

現行事業廢棄物再利用係依據廢清法第 39 條規定執行，該法授權各中央目的事業主管機關訂定事業廢棄物再利用規定及主辦再利用相關業務。再利用管理相關法規包括事業廢棄物產生、清除至再利用過程等，除遵照前述事業廢棄物再利用管理辦法外，尚須符合廢棄物再利用前之貯存、清除、紀錄申報等相關規定。各中央目的事業主管機關依其管理辦法規定，針對性質安定或再利用技術已臻成熟之廢棄物，得公告其再利用種類及管理方式，各再利用機構得參照依該再利用種類及管理規定進行再利用，毋需申請個案再利用許可。

電弧爐煉鋼爐碴(石)再利用作業係屬經濟部掌理之業務，有關還原碴(石)再利用處理作業應依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」規定辦理，電弧爐煉鋼爐碴(石)再利用機構係指還原碴(石)處理為再生粒料之業者，還原碴(石)再利用機構應具備下列資格：

1. 還原碴(石)再利用機構為處理還原碴(石)為再生粒料之機構。
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. 再利用於控制性低強度回填材料用粒料原料、控制性低強度回填材料原料用途者，生產品項目至少應包含控制性低強度回填材料用粒料、控制性低強度回填材料。
4. 須具有再利用審核通過資格。

5.2 產出

依據廢清法第 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

高壓蒸氣安定化電弧爐煉鋼還原渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊

鋼爐渣部分，係依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表「編號八、電弧爐煉鋼渣(石)」規定，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(詳如表 5-1)始得進行再利用，此標準可參照行政院環保署所公告之「有害事業廢棄物認定標準」^[30]；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 12.5 者，得每年至少檢測 1 次。

表 5-1 還原渣(石)出廠檢驗標準^[30]

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	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	氫離子濃度指數(pH 值)		2-12.5

5.3 貯存

依據廢清法第 31 條規定，還原渣(石)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。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。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。

5.4 清除

依據廢清法第 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。針對還原礫(石)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」之相關規定辦理，以滿足環境面之管理要求，應注意事項如下：

1. 進料與貯存

- (1) 進料時，應查驗鋼鐵廠檢送之試驗報告，重金屬毒性特性溶出程序及戴奧辛總毒性當量濃度，檢測值不得超過「有害事業廢棄物認定標準」，詳如表 5-1。
- (2) 卸料時，目測該批還原礫(石)之組成成分，是否摻雜異物，並留存進料紀錄。
- (3) 廠內若同時收受氧化礫(石)及還原礫(石)，進料後應分別貯存。另原料、物料、半製品及成品之儲存場所，應加以隔離避免發生混料情形。
- (4) 還原礫(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。
- (5) 電弧爐煉鋼爐礫(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。
- (6) 各貯存區宜明確標示名稱及產品種類。

2. 再利用處理

- (1) 大粒徑還原礫(石)，可先經過破碎機軋製成碎粒。

- (2) 磁選機設定磁選能量，應能有效篩分出還原渣(石)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) 篩分機的篩分柵網，應定期現場檢查有無變形或破損情形。
- (4) 分離之鐵金屬應儲放於獨立空間，並有適當隔離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) 還原渣(石)再生粒料於拌和廠按照配比，依照需求批次產製 CLSM，所以無產品貯存之問題。
- (2) 如還原渣(石)再生粒料貯存量超過該再利用用途產品前六個月之累積銷售量時，應停止收受還原渣(石)。
- (3) 依規定至少每年度至少檢測一次戴奧辛及依再生粒料環境用途溶出程序檢測有毒重金屬項目，經檢測未超過「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」標準者(詳如表 5-2)，始得再利用。

4. 再利用用途產品運送

送貨單上，應標示 CLSM 之用途、配比、數量、出廠車輛車號、出廠時間、車程及駕駛簽名文件。

表 5-2 還原礫(石)再利用程序產出物檢驗標準^[2]

項目(單位)	最終再利用產品使用地點 非屬環境敏感區之標準值	最終再利用產品使用地點 屬環境敏感區之標準值
鉛 (毫克/公升)	≤ 0.1	≤ 0.01
鎘 (毫克/公升)	≤ 0.05	≤ 0.005
鉻 (毫克/公升)	≤ 0.5	≤ 0.05
銅 (毫克/公升)	≤ 10	≤ 1.0
砷 (毫克/公升)	≤ 0.5	≤ 0.05
汞 (毫克/公升)	≤ 0.02	≤ 0.002
鎳 (毫克/公升)	≤ 1	≤ 0.1
鋅 (毫克/公升)	≤ 50	≤ 5.0
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	

備註：環境敏感區範圍如下：

1. 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、一般農業區及其他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，及前述分區內暫未依法編定用地別之土地範圍內。
2. 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上述土地分區或編定使用之土地範圍內。
3. 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. 依濕地保育法公告之重要濕地、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。

5.5 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「廢棄物清理法」第 39 條之一規定，經中央主管機關指定公告之再利用產品，由中央目的事業主管機關負責其流向追蹤管理，必要時並實施環境監測。因此，環境部於 107 年 1 月 9 日發布「應進行流向追蹤之事業廢棄物再利用產品」並自 107 年 8 月 1 日生效。其中，電弧爐煉鋼爐渣(石)依再利用用途，應進行流向追蹤之再利用產品範圍包括：瀝青混凝土粒料、瀝青混凝土、控制性低強度回填材料用粒料原料、控制性低強度回填材料原料或鋪面工程(道路、人行道、貨櫃場或停車場)之基層或底層級配粒料。

電弧爐煉鋼爐渣(石)產源機構、清運機構及再利用機構應依環境部「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，分別申報清運日期時間、機具車號、數量及再利用情形等資訊。

電弧爐煉鋼爐渣(石)經再利用產製再利用產品後，應依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」第 21 條規定：還原渣(石)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，申報其前月再利用產品之營運紀錄。該辦法附表亦規定再利用用途之產品屬控制性低強度回填材料用粒料，應依下列規定申報流向：

- (1) 再利用產品之申報規定及遞送聯單遞送方式，依辦法附表附件一辦理。
- (2) 再利用產品清運機具應裝置即時追蹤系統，且清運機具裝置之系統規格應符合應裝置即時追蹤系統之清運機具及其規定公告之規定。

自民國 108 年 1 月 1 日起，再利用機構應以網路傳輸方式，於產品出廠後四日內，連線至工業廢棄物清理與資源化資訊網(<http://riw.tgpf.org.tw>)內之再利用機構運作申報區，提報再利用產品中間與最終使用情形相關資料，可供公開查詢(再利用產品流向資訊，<https://roms.tgpf.org.tw/rpms/flow>)。另外產源事業應於每月月底前，主動連線至工業廢棄物清理與資源化資訊網內之再利用機構運作申報區，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

第六章 含還原碴(石)CLSM 產製與施工

6.1 使用要點

含還原碴(石)CLSM 的產製與施工，除本章所述各階段作業之相關要求及注意事項外，應參照工程會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」規定辦理。

6.2 資料審查

含還原碴(石)CLSM 的施工前應審查下述資料：

1. 產製還原碴(石)再生粒料之再利用機構，應依經濟部公告之再利用管理辦法(詳如附錄一)所列再利用管理方式執行，並須向縣市環保局申請核發取得再利用檢核之身分，或提送相關供料計畫書(詳如附錄三)，內容陳述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。
2. 於還原碴(石)再生粒料供料前，應查驗相關供應證明文件包括還原碴(石)來源、程序及品質管制措施等。
3. 拌和廠應檢附經濟部公司執照及工廠登記證或經權責單位核可設立之證明文件。
4. 含還原碴(石)CLSM 於施工前，應查驗含還原碴(石)CLSM 品管作業文件包括安定化還原碴(石)粒料規格品質證明文件、配比設計、相關試驗及工程性質等。

6.3 材料

含還原碴(石)CLSM 中的安定化還原碴(石)粒料須符合下列規定：

1. 安定化還原碴(石)粒料品質規格應符合「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」及工程會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章「控制性低強

度回填材料」之規定。

2. 拌和廠收受安定化還原碴(石)粒料時，應確認還原碴(石)再利用機構提供之品質規格證明文件，並留存資料備查。

6.4 配比設計與試拌

1. 含還原碴(石)CLSM 應作配比設計，基於非屬共通性工項施工綱要規範要求的性能要求與材料限值。
2. 配比設計後應進行試拌，需取樣，進行檢、試驗記錄，坍度(管流度)、落球強度、強度發展值及氯離子含量等，以確認性質符合工程需求。
3. 含還原碴(石)CLSM 若用於有時間要求之回填工程，宜在配比設計時調整與確認其落球強度，並據以進行施工規劃，以提升施工效率。

1. 使用要點

含還原碴(石)之 CLSM 配比設計可參照既有的配比設計法或依配比設計原則，經試拌後調整配比以滿足工程規範或設計要求。然而相較於多數一般粒料，安定化還原碴(石)比重較大且尺度小於細粒料，因此部份取代天然粒料後，比表面積增加、需水量增加，因此建議於配比設計中提高水灰(膠)比或於試拌過程中，調整化學摻料劑量及水量達到目標坍流度後，再修正配比設計。

2. 配比設計原則

由於 CLSM 的應用廣泛，配比設計中填充材料除使用天然粒料外，亦可使用包括再生材料及其他非既有標準所規範之材料(nonstandard materials)，因此國內外現行規範並無明確規定配比設計法，CLSM 配比須依最終用途的性能要求而設計，還原碴(石)再生粒料可搭配天然粒料或其他材料混合使用。就配比組成材料的選擇而言，主要考慮可獲得性、價格、特殊用途需求及可達成配比需求性能，其中包括流動性、強度、可開挖性與密度等。若使用前述之非既有標準所規範之材料時，須事先確定材料本身的各項基本性質並須符合相關環保法規要求^[11, 31]。就配比設計而言，文獻^[11]曾提及，通常製作 CLSM 所需的水泥量約為 15-119 kg/m³，

水量 237-297 kg/m³，細粒料 1483-2076 kg/m³，飛灰 0-415 kg/m³，實際配比仍須視材料性質及目標性能而定。就新拌性質而言，CLSM 係使用於回填的自充填膠凝材料，因此通常不需要搗實。就抗壓強度而言，大致分為兩類，如使用於永久的結構回填，28 天抗壓強度不宜超過 90 kgf/cm² (9 MPa)，如應用於管溝工程回填，則強度不宜超過 50 kgf/cm² (5 MPa)，長期須使用手工工具開挖時，則強度須低於 7 kgf/cm² (0.7 MPa)^[11, 12]。一般而言，若 CLSM 的長期強度介於 3.5-7.0 kgf/cm² (0.3-0.7 MPa)時，則相當於使用傳統的良好夯實回填土壤^[11]。

3. 注意事項

除另有要求外，CLSM 至少必須測定或評估以下性質，包括含氣量、單位體積、坍度或流動性、穩定性和強度，試驗方法如表 6-1 所列^[27-29, 32, 33]，合格標準須視工程所依循之相關規範或設計要求而定。以行政院公共工程委員會所頒布的非屬共通性工項施工綱要規範為例^[12]，大於 No.4(4.75 mm)試驗篩之粗粒料用量建議不得超過 400 kg/m³，管流度或坍流度試驗擇一辦理，管流度要求可為 15-20 cm 或 20-30 cm，坍流度要求 40 cm 以上。若為一般型 CLSM，則落沉強度試驗中，落球凹痕直徑於 12 或 24 小時內達到 76 mm 以下，若為早強型 CLSM，則於 3 或 4 小時內達成。就 28 天抗壓強度而言，若為永久的結構回填，建議強度不超過 90 kgf/cm²，若為管溝工程之回填，則建議強度不超過 50 kgf/cm²。如使用於金屬管線埋設物之回填時，則須測定水溶性氯離子含量，必須低於 0.15 kg/m³^[34, 35]。以台灣自來水股份有限公司所頒布的自來水管理設工程施工說明書^[36]為例，則訂設計 28 天以上抗壓強度為 20-50 kgf/cm²，坍流度 40-60 cm，水溶性氯離子含量低於 0.15 kg/m³。以台灣電力股份有限公司工程施工綱要規範第 03377A 章「高煤灰量控制性低強度回填材料」^[37]為例，其配比設計允許使用高燃煤電廠飛灰與底灰，設計 28 天以上抗壓強度為 20-90 kgf/cm²，坍流度大於 40 cm，若為一般型 CLSM，則落沉強度試驗中，落球凹痕直徑於 24 小時內達到 76 mm 以下，若為早強型 CLSM，則於 3.5 時內達成，水溶性氯離子含量亦低於 0.15 kg/m³。各施工規範所要求的 CLSM 基本性質整理如表 6-2 所示。

表 6-1 CLSM 基本性質試驗法^[27-29, 32, 33]

性質	試驗法
含氣量	CNS 15863 控制性低強度回填材料密度(單位重)、拌成物體積、水泥含量及含氣量(比重計法)試驗法
單位體積	
管流度	CNS 15462 控制性低強度材料流動稠度試驗法
坍流度	CNS 14842 高流動性混凝土坍流度試驗法
落沉強度	CNS 15862 測定控制性低強度材料施加荷重時機之落球試驗法
抗壓強度	CNS 15865 控制性低強度材料圓柱試體之製備及試驗法
氯離子含量	CNS 13465 新拌混凝土中水溶性氯離子含量試驗法

表 6-2 CLSM 基本性質要求範例

性質	行政院公共工程委員會非屬共通性工項施工網要規範 ^[12]	台灣自來水公司自來水管埋設工程施工說明書 ^[36]	台灣電力公司工程施工網要規範 ^[37]
粗粒料用量 (kg/m ³)	不超過 400 ⁽¹⁾	—	—
管流度 (cm)	15-20 或 20-30 ⁽¹⁾	—	—
坍流度 (cm)	40 以上 ⁽¹⁾	40-60	40 以上 ⁽⁵⁾
落球強度試驗	76 mm 以下 一般型： 12 或 24 小時 ⁽¹⁾ 早強型： 3 或 4 小時 ⁽¹⁾	76 mm 以下或以體重 60 公斤以上人員在管溝控制性低強度回填材料頂面站立 5 分鐘而無明顯下陷痕跡	76 mm 以下 一般型：小於 24 小時 ⁽⁶⁾ 早強型：小於 3.5 小時 ⁽⁶⁾
28 天抗壓強度 (kgf/cm ²)	90 以下 ⁽²⁾	20-50 ⁽⁴⁾	一般型：20-90 ⁽⁶⁾ 早強型：20-90 ⁽⁶⁾
氯離子含量 (kg/m ³)	不超過 0.15 ⁽³⁾	不超過 0.15	不超過 0.15 ⁽⁷⁾

- (1) 建議值，管流度及坍流度可擇一試驗辦理。
- (2) 因應國內使用狀況，如使用工程為永久的結構回填，建議強度以不超過 90 kgf/cm² 為佳，如應用為鋪面管溝工程之回填，則建議不超過 50 kgf/cm² 為上限。
- (3) 如使用於金屬管線埋設物之回填時，須符合 CNS 3090 之規定，如使用於非金屬管線埋設物之回填時，可免辦理本項試驗。
- (4) 抗壓強度期齡要求為 28 日「以上」，致不硬性規定應於第 28 天期齡辦理抗壓強度試驗，得集中於估或竣工時再行辦理。全煤灰 CLSM 若有拌和不均勻問題，經甲方同意後，可摻加適量粗粒料，惟摻加量不可超過 200 kg/m³。
- (5) 埋設物上方之 CLSM，其坍流度經甲方同意後，可適度降低。
- (6) 如道路主管機關另有規定者，從其規定。
- (7) 回填區內無金屬構件時，經甲方同意可免此項要求。

各項測定性質中，含氣量及單位體積係用來修正配比中單位體積所需之材料用量，坍度或流動性質係反應 CLSM 的工作性與適用性，穩定性係指 CLSM 必須為均勻拌成物，不可發生明顯析離現象^[11]。CLSM 之性能依使用目的須滿足適用之工程規範或設計要求，未滿足時，則配比必須重新調整，可參考表 6-3 調整配比其中的組成成分之一或同時兩者以上^[11]。此外，CLSM 的流動性與早凝性質易受環境溫溼度所影響，因此實際配比須視季節天候而調整。

以安定化還原礫(石)替代部分天然粒料時，由於安定化還原礫(石)比重大於天然粒料，因此 CLSM 的單位體積重將增加。此外，安定化還原礫(石)粒徑較細粒料小，加以吸水率高，故往往以設計配比水量實際拌和時 CLSM 流動性不足，因此可於試拌時，可先添加化學摻料調整其坍流度，若不見成效，再適量增加用水量，最後依據實際用水量推算實際配比，實際用水量往往較配比設計時高。

表 6-3 配比調整方式^[11]

性質	問題	調整方式
坍度	太高	(1) 降低用水量 (2) 增加細粒料用量或使用細質材料
	太低	(1) 增加用水量 (2) 使用減水劑
穩定性	粒料析離	(1) 降低用水量 (2) 增加細粒料用量或使用細質材料 (3) 增加膠結材料用量 (4) 添加增稠劑(VMA, viscosity-modifying admixture)
拌和體積	太低	(1) 確認組成材料比重是否正確 (2) 增加組成材料用量
	太高	(1) 確認組成材料比重是否正確 (2) 減少組成材料用量
抗壓強度	太低	(1) 增加膠結材用量 (2) 使用減水劑並降低用水量
	太高	減少膠結材用量

4. 參考配比

表 6-4 為統整某試驗室及現地工程所使用之含還原渣(石)CLSM 配比，性質皆符合行政院公共工程委員會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章控制性低強度回填材料要求。彙整歸納發現水灰比約為 1.31 以上，則 28 天抗壓強度可低於 90 kgf/cm^2 ，若限制粗粒料使用上限，則可使用飛灰、燃煤底灰、爐石粉等細質材料，以確保 CLSM 具有足夠的漿量並降低水泥用量。使用飛灰與燃煤底灰時，可另參考表 6-5 所列配比再以安定化還原渣體積取代粒料調整。

表 6-4 CLSM 試驗配比

單位: kg/m^3

水灰比	水	水泥	粗粒料 (SSD)	細粒料 (SSD)	還原渣 (SSD)	飛灰	化學摻料
1.68	271	161	388	1391	0	0	4.18
1.52	250	164	395	1275	175	0	5.19
1.51	241	165	398	1139	353	0	4.24
1.46	226	165	399	857	707	0	4.58
1.41	270	160	388	694	771	0	6.26
1.68	271	161	388	0	1544	0	3.98
1.27	280	160	435 (旋轉窯渣)	0	1132	60	3%

註：本配比表為試驗參數規劃用。

表 6-5 高煤灰量 CLSM 參考配比^[37]

單位: kg/m^3

類別	水泥 ⁽¹⁾	飛灰	水	底灰 ⁽²⁾	粗細粒料 ⁽³⁾	化學摻料 ⁽⁴⁾
全煤灰(I)	50-200	300-500	480-500	500-1,000	0 ⁽⁵⁾	用量依工程 需求調整
全煤灰(II)	50-120	200-300	480-500	600-900	0 ⁽⁵⁾	
高煤灰(I)	50-100	500-800	380-400	0-300	500-800	
高煤灰(II)	50-100	200-300	380-400	500-700	500-700	

⁽¹⁾ 水泥原則上採用卜特蘭 I 型水泥，經甲方同意可採其他類型水泥，如早強水泥。

⁽²⁾ 底灰用量為烘乾重，底灰含水量已併計於 CLSM 用水量中。

⁽³⁾ 粗細粒料用量為面乾內飽和重；粒料之品質與特性亦會影響 CLSM 之凝結時間，對於可續行工作時間較短之工程，須特別注意。

⁽⁴⁾ 各配比可佐以適量之化學摻料以達性能需求，CLSM 常使用早強劑以符合可續行工作時間之要求，其用量依可續行工作時間調整。

⁽⁵⁾ 全煤灰 CLSM 若有拌和不均勻問題，經甲方同意後，可摻加適量粗粒料，惟摻加量不可超過 200 kg/m^3 。

6.5 含還原碴(石)CLSM 試驗室試拌與示範工程案例說明

1. 含還原碴(石)CLSM 實驗室試拌成果說明

國立臺灣科技大學團隊針對高壓蒸氣安定化後還原碴試樣(比重 2.78、細度模數 1.45)於實驗室內進行拌製 CLSM 並進行相關試驗。試驗配比原設計以安定化還原碴體積取代控制組(未含安定化還原碴)中符合 CNS 1240^[23]之天然細粒料最高至 100%，實際拌和時，為滿足坍流度(≥ 400 mm)的要求，再調整粗細粒料的比例及化學摻料用量，最後根據實際用量計算佔總粒料體積比，最高至 80%，試驗結果如表 6-6 與圖 6-1~圖 6-4 所示。

以高壓蒸氣安定化還原碴取代符合 CNS 1240^[23]之粗細粒料，由於安定化還原碴比重較天然粒料高，因此以同體積取代時，安定化還原碴重量大於天然粒料。此外安定化還原碴之細度較高，所需水量增加，造成坍流度下降。為達目標坍流度，拌和時增加 CLSM 專用化學摻料用量(含 Type G 強塑劑與速凝劑)，因此配比各組成量間的比例略微改變。當取代量少於 50%時，增加強塑劑用量可增加坍流度，水灰比約在 1.31~1.63 間。然而，當取代率大於 50%時，強塑劑不足以提高坍流度，必須調整水量，水灰比高約與對照組相近(~ 1.67)。就新拌性質而言，如前所述，使用安定化還原碴時，可藉由調整強塑劑用量與水量達到合乎要求的坍流度(>400 mm)，詳如圖 6-1 所示，雖然各配比坍度間並無明顯差異，但坍流度略較空白組高，可能因安定化還原碴粒徑分佈較天然粒料小，較均質而易隨漿體流動，所有配比之坍流度均可符合規範要求。坍流度與管流度均為 CLSM 工作性之指標，實務上擇一辦理。由於混凝土材料技術之發展，兩者均可藉由添加化學摻料(如強塑劑)調整 CLSM 工作性以符合工程對 CLSM 工作性之要求，故以安定化後還原碴取代細粒料並添加適量之化學摻料產製 CLSM，其工作性應均可符合工程規範之規定，且對工程品質亦無不良之影響。

就早強性質而言，所有配比的落球凹痕直徑皆符合要求(<76 mm)，詳如圖 6-2 所示。使用安定化還原碴的配比之落球凹痕直徑略高於空白組，可能因同時調整水量及強塑劑所致。如前所述，比表面積增加而增加的用水量不易估計，流動性須同時藉由提高水量及強塑劑劑量而得，而兩者皆關係到早強性質，因此未來實務應用上，可降低空白組的水膠比，再逐次以安定化還原碴取代天然粒料，則較容易同時確保流動性與早強性。

就硬固性質而言，結果詳如圖 6-4 所示，顯示強度隨著取代比例的增加而減少，當取代率低於 50%時，28 天抗壓強度皆可達到要求，因此建議未來使用安定化還原碴時，取代細粒料率少於 50%，此用量亦符合非屬共通性工項施工綱要規範^[11]所建議值。

表 6-6 含還原碴(石)CLSM 試驗配比設計

單位: kg/m³

配比編號	設計還原碴 取代細粒料比例	水灰比	水	水泥	粗粒料 (SSD)	細粒料 (SSD)	還原碴 (SSD)	化學 摻料	還原碴佔 總粒料比例
1	0%	1.68	271	161	388	1391	0	4.18	0%
2	10%	1.52	250	164	395	1275	175	5.19	10%
3	20%	1.51	241	165	398	1139	353	4.24	19%
4	40%	1.46	226	165	399	857	707	4.58	36%
5	50%	1.41	270	160	388	694	771	6.36	42%
6	100%	1.68	271	161	388	0	1544	3.98	80%

註： 本配比表為試驗參數規劃用

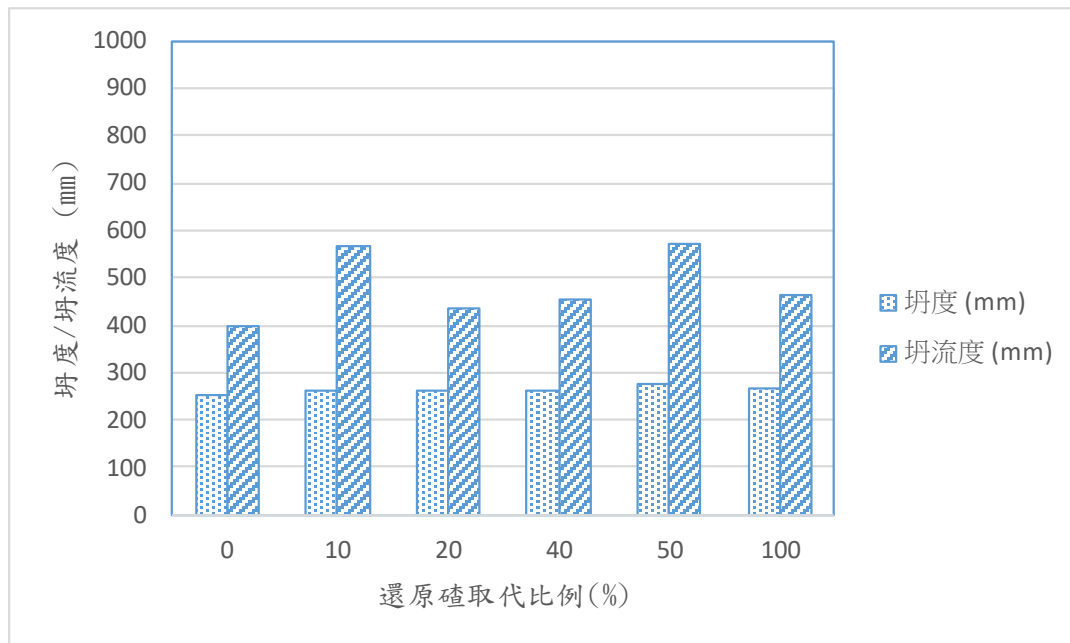


圖 6-1 坍度/坍流度與安定化還原碴取代天然細粒料比例間的關係

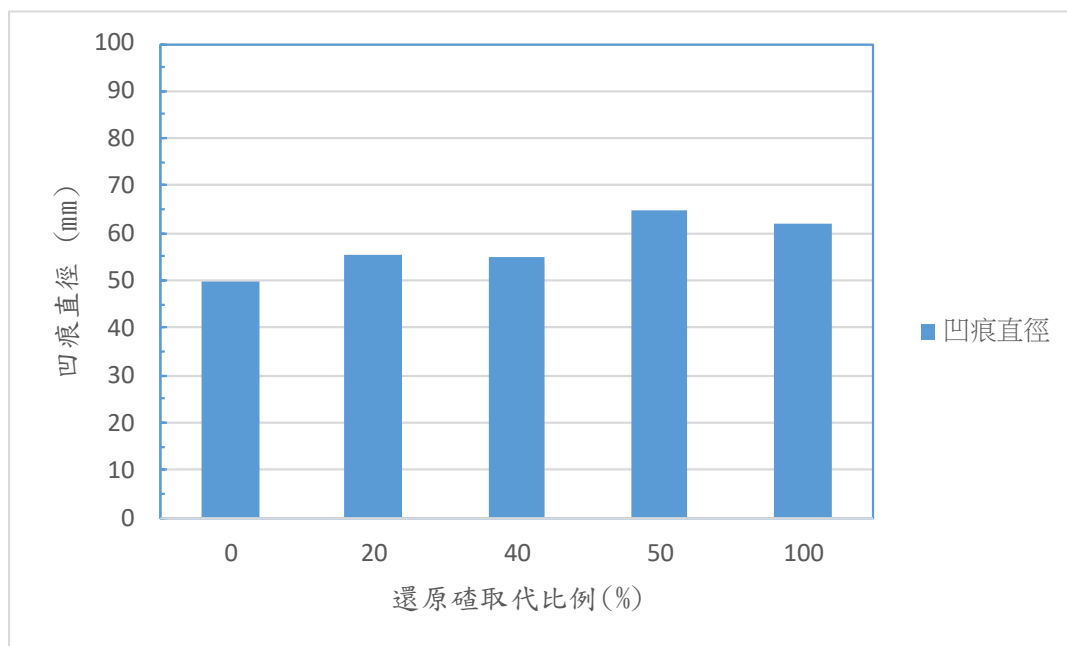


圖 6-2 落球凹痕直徑與安定化還原礫取代天然細粒料比例間的關係

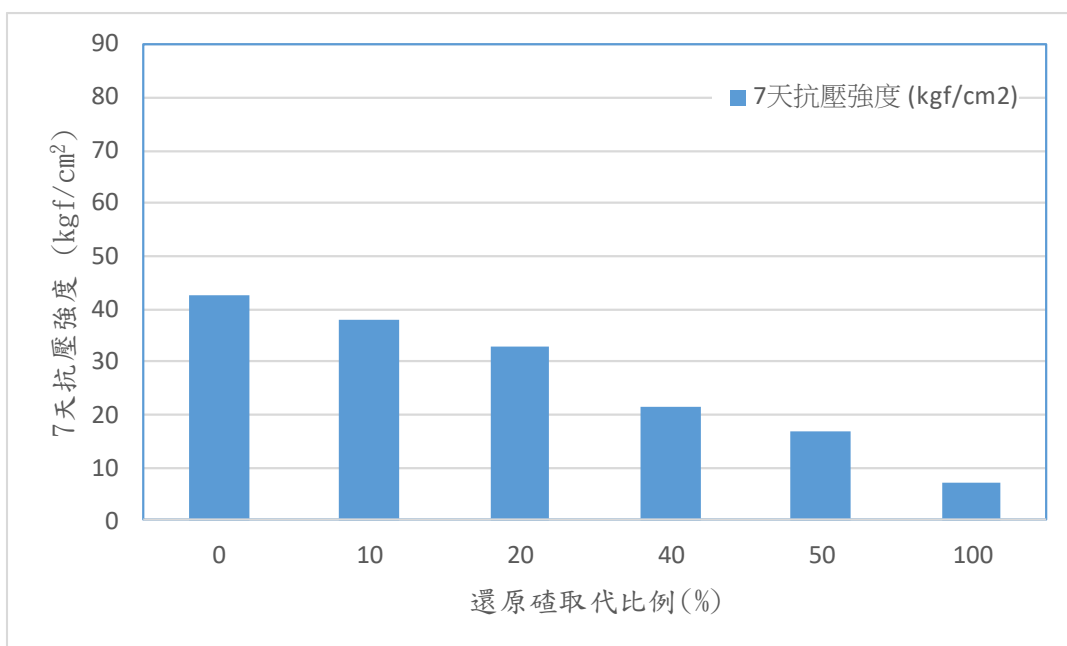


圖 6-3 抗壓強度與安定化還原礫取代天然細粒料比例間的關係(7 天)

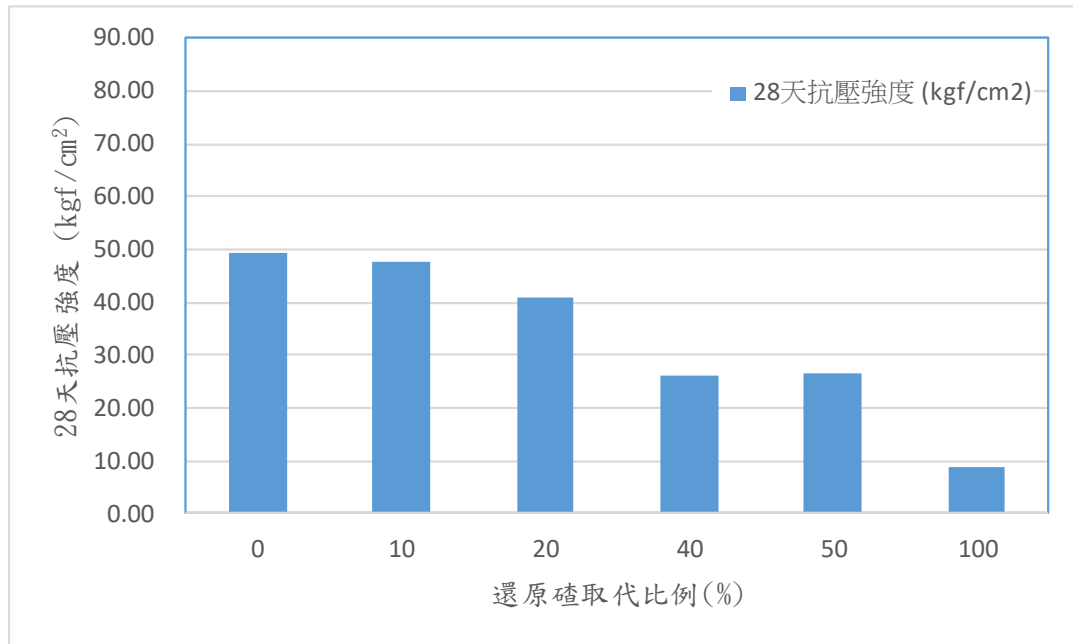


圖 6-4 抗壓強度與安定化還原渣取代天然細粒料比例間的關係(28 天)

2. 示範工程案例成果說明

位於彰濱工業區的某新設公司，於新建廠房與公用設施時，另有埋設水電等管路工程，故設計使用控制性低強度回填材料(CLSM)填築管路工程(案例(一)、(二)及(三))，相關性能規範要求及試驗值彙整如表 6-7 及表 6-9，現場照片如圖 6-5~圖 6-7 所示。

表 6-7 適用 CLSM 規範

材料種類	設計規範內容	使用規格及試驗值	是否符合 施工規範
水泥	水泥應符合 CNS 61 或 CNS 15286 之相關規定。	本司採用晉瑜公司 I 型水泥，符合 CNS 61 之相關規定。	符合
爐石粉	所使用之卜作嵐摻料應符合 CNS 3036、CNS 12549 之相關規定。	本司採用晉瑜公司高爐石粉，符合 CNS 12549 之相關規定。	符合
飛灰	所使用之卜作嵐摻料應符合 CNS 3036、CNS 12549 之相關規定。	本司採用台電公司飛灰，符合 CNS 3036 之相關規定。	符合
粒料	CLSM 使用之粒料，為產製混凝土用粒料，使用粒料規定如下： (1) 混凝土用粒料應符合 CNS 1240。	本司所使用之混凝土用粒料均符合 CNS 1240 之規定。	符合

表 6-8 CLSM 用粒料試驗值

1. CLSM 用粒料(安定化後還原礫製成品)				
試驗項目	試驗規範	試驗值	CNS 規範值	是否符合及符合哪種總類(CNS 1240)之要求
粒徑分布	CNS 486	F.M=2.42	F.M 介於 2.3~3.1	符合
土塊及易碎顆粒	CNS 1171	0.5%	3.0%	符合
煤及褐炭	CNS 10990	0.6%	1.0%	符合(所有其他混凝土)
小於試驗篩 75 μm	CNS 491	3.7%	5.0%	符合(所有其他混凝土)
水溶性氯離子含量	CNS 13407	0.008%	0.012%	符合
有機不淨物	CNS 1164	較 2 號有機板顏色淡	試驗須較標準顏色溶液或有機色板編號 3 淺	符合
健度	CNS 1167	4.1%	5 次循環後使用硫酸鈉損耗率 <10%	符合
2. CLSM 用粒料(氧化礫製成品)				
粒徑分布	CNS 486	F.M=2.42	F.M 介於 2.3~3.1	符合
土塊及易碎顆粒	CNS 1171	0.2%	10.0%	符合(所有其他混凝土)
煤及褐炭	CNS 10990	0.28%	1.0%	符合(所有其他混凝土)
小於試驗篩 75 μm	CNS 491	0.2%	1.0%	符合(所有其他混凝土)
磨損率	CNS 490	33.0%	50%	符合(所有其他混凝土)
健度	CNS 1167	5 次循環後 0.8%(硫酸鈉)		符合(所有其他混凝土)

表 6-9 CLSM 產品試驗值

設計規範內容	使用規格及試驗值			是否符合施工規範 ⁽¹⁾
	案例一	案例二	案例三	
(1) 坍流度 (CNS 14842), 40-60 cm	50×51 cm	47×48 cm	49×50 cm	符合
(2) 28 天抗壓強度 (CNS 15865), 90 kgf/cm ² 以下。(kgf/cm ²)	63.6 (平均值)	42.9 (平均值)	42.7 (平均值)	符合
(3) 氯離子含量 (CNS 13465), 如使用於金屬管線埋設物之回填時, 須符合 CNS 3090 之規定, 如使用於非金屬管線埋設物之回填時, 可免辦理本項試驗。(kg/m ³)	0.071<0.15	0.049<0.15	0.074<0.15	符合
(4) 落球試驗須符合 (CNS 15862) 沉限量小於 76 mm。	55 mm	60 mm	55 mm	符合

⁽¹⁾ 行政院公共工程委員會非屬共通性工項施工網要規範第 03377 章控制性低強度回填材料



(a)



(b)

圖 6-5 案例(一)廠房新建工程管路回填((a)澆置中，(b)澆置完成)



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 6-6 案例(二)道路及公共設施工程管路回填((a)坍流度試驗，(b)落球試驗，
(c)澆置中，(d)澆置完成)

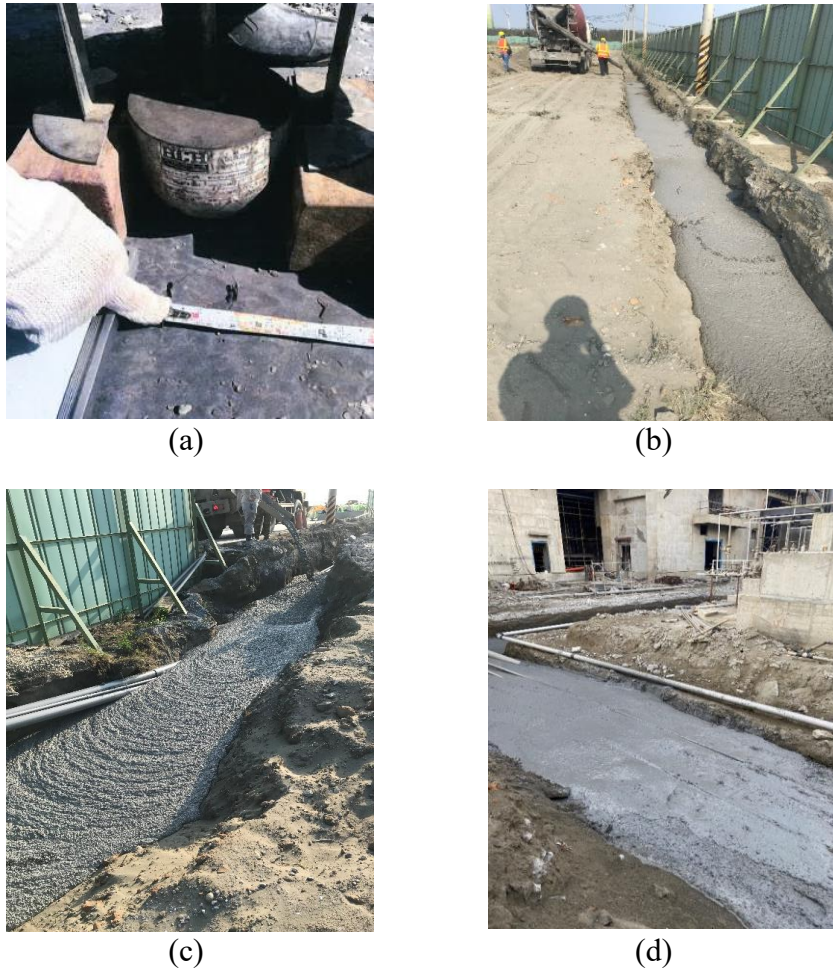


圖 6-7 案例(三)辦公室及警衛室土建水電工程管路回填((a)落球試驗，(b)澆置中，(c)澆置完成(1)，(d)澆置完成(2))

3. 綜合討論 (使用電弧爐煉鋼還原碴(石)配比參數)

綜合前述配比及工程案例可以發現，使用安定化還原碴(石)時，須考慮其粒徑分布與天然粒料的差異，因此於實際拌和過程中調整強塑劑用量與水量，方能達到坍流度大於 400 mm 之要求。由於抗壓強度主要受水灰(膠)比控制，因此建議優先調整強塑劑用量，若坍流度無明顯改善再調整水量，最終水灰比約於 1.63 以下，可達 28 天強度 20 kgf/cm² 以上之要求。此外，施工綱要規範建議安定化還原碴(石)取代天然粒料量不超過 50%，而上述試驗亦發現，超過此比例時則 28 天抗壓強度未達要求，因此建議未來實際使用時之取代率小於 50%。若進一步使用飛灰、爐石粉等部分取代水泥時，28 天抗壓強度可能降低，因此必須藉由試拌確定取代率。

6.6 產製

含還原渣(石)CLSM 產製應注意事項如下：

1. 拌和

- (1) 含還原渣(石)CLSM 應在拌和廠進行拌和作業以穩定產製 CLSM 之品質。
- (2) 含還原渣(石)CLSM 應依照配比設計結果進行拌和作業，產製期間不宜自行更動配比，若有疑慮須經工程單位同意後執行。
- (3) 拌和廠內不同料源及尺寸之粒料應分開儲放，並避免混料情形發生。
- (4) 拌和廠內之儲存槽、計量器、校正用標準砝碼、拌和水之計量設備等須符合 CNS 3090^[34]之規定。
- (5) 所有拌和設備，均應隨時保持良好之操作狀態，並提供足夠充份之預備機件，以備機械發生故障時使用。

2. 運送

- (1) 運送時應保持新拌之 CLSM 品質均勻，避免造成材料析離及泌水。
- (2) 於運送過程中，不可另外添加水量或其他外加摻料，以保持 CLSM 既有品質。

6.7 施工

1. 事前準備

- (1) 施工前應先依設計圖說之規定完成填築範圍內雜物之清除與基地整平作業。若澆置於已施築之混凝土表面或岩石面時，澆置前表面應保持清潔、粗糙、潤濕，並清除多餘之積水；若澆置於土壤表面時，應先將表面之雜物及有機物質清除，並整平，以確保所澆置 CLSM 品質不受影響。

- (2) 施工前應確認所有埋設物已按規定裝設及固定完竣，以避免澆置時因碰撞或震動搗實時發生位移。

2. 澆置

- (1) 澆置前，為確保拌和材料呈均勻分布狀態，應以機械方式充分拌和 CLSM。
- (2) 澆置時，可於預拌車澆置口覆蓋防護套，以避免 CLSM 發生噴濺情形，影響施工環境品質。
- (3) CLSM 在灌入回填區時，應在管路等埋設物以均勻且左右平均的方式澆置，以避免對結構體產生偏壓現象，並可使用整平工具將 CLSM 鋪平，利於後續其他鋪設作業。
- (4) CLSM 澆置過程中可視需要進行適當震動，但須防範嚴重析離及泌水之產生，避免形成內部空洞或各部份強度不均勻的情況，以確保 CLSM 之密實性。
- (5) 若回填區具坡度時，可依現地坡度需要，調配較低坍流度之 CLSM，並視坡度情況加設隔板或分段施工。

3. 養護

- (1) CLSM 澆置完成後，需進行灑水養護，並使用麻袋、塑膠布及其他適當物品覆蓋或依設計圖說規定辦理，養護時間依設計圖說規定。
- (2) 於初凝前，可於管溝兩側作安全維護措施，以避免發生人車誤陷管溝而造成危險。另若於道路施工，在瀝青混凝土路面層鋪設前，必要時於管道上方覆設防滑蓋板以供人車通行。
- (3) 於初凝後，CLSM 頂部表面若有泌水，需先清除或鋪設細砂吸乾表面泌水後再掃除，待確認頂部表面為乾燥狀態後，再鋪設瀝青混凝土路面層，以避免管湧現象發生。

6.8 品質檢驗

含還原渣(石)CLSM 檢驗方式參照工程會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章控制性低強度回填材料內容，建議相關檢驗方式與規範值如下所述，使用時可依現行規範內容作調整，CLSM 檢(試)驗引用標準如表 6-10 所示，相關說明如下：

表 6-10 CLSM 檢(試)驗引用標準

項次	CLSM檢驗方法	
1	CNS 15865	控制性低強度材料圓柱試體之製備及試驗法
2	CNS 15864	新拌控制性低強度材料取樣法
3	CNS 15863	控制性低強度材料密度(單位重)、拌成物體積、水泥含量及含氣量(比重計法)試驗法
4	CNS 15862	測定控制性低強度材料施加荷重時機之落球試驗法
5	CNS 15462	控制性低強度材料流動稠度試驗法
6	CNS 13465	新拌混凝土中水溶性氯離子含量試驗法
7	CNS 14842	高流動性混凝土坍流度試驗法

- (1) CLSM 除依工程需求訂定特殊檢驗項目外，宜按本節規定方式進行檢驗，並符合如表 6-11 之基本性質要求。另對於氯離子含量檢測部分，如無鋼材腐蝕疑慮時，得免辦理本項試驗。
- (2) CLSM 於澆置時，應依照 CNS 15864^[32]所規定之程序取樣，進行檢、試驗。
- (3) 應進行管流度或坍流度及氯離子含量試驗(如無鋼材腐蝕疑慮時，得免辦理本項試驗)。試驗應依 CNS 15462^[27]或 CNS 14842^[26]及 CNS 13465^[35]之相關規定進行，試驗頻率與抗壓強度試驗相同，可視現場狀況隨時增加試驗頻率。
- (4) 為確保後續工作的執行，應進行 CNS 15862^[28]落球強度試驗，當落球強度試驗之壓紋直徑小於 76 mm，可做為進行後續工作之判定。
- (5) 抗壓強度試驗，每種 CLSM 每澆置 50 m³，應取樣一次製作一組至少二只圓柱試體，不足 50 m³者，以 50 m³計，但分批取樣餘數未達 25 m³者，

得併入前一組取樣，每次澆置量未達 20 m^3 者，得免做抗壓強度試驗。

(6) 圓柱試體應依照 CNS 15865^[29]之規定製作及試驗。

(7) 除設計時另有規定外，CLSM 規定抗壓強度為 28 天齡期之試驗強度。

(8) 目前尚無 CLSM 膨脹試驗及允收標準，為避免發生長期膨脹問題，除再利用機構須依法申報流向外，預拌廠須嚴格管控 CLSM 各組成材料，以便發生問題仍可追溯粒料來源。使用單位宜視實際所需，另訂允收標準。就使用場所而言，考慮預留適當的應變空間或伸縮縫，以容納可能的膨脹。就配比設計而言，可設計適當的混合比例，確保適當的水灰比，同時添加膨脹抑制劑或其他化學摻料以控制晚期膨脹。亦可使用礦物摻料，如飛灰或水淬高爐爐渣粉，可以提升水化程度及改善微觀結構，從而降低膨脹風險。

表 6-11 CLSM 基本性質要求

項目	試驗方法	要求
管流度 ⁽¹⁾	CNS 15462	15-20 cm
坍流度 ⁽¹⁾	CNS 14842	40 cm以上
落球強度試驗	CNS 15862	76 mm以下 一般型：24小時 早強型：4小時
28天抗壓強度	CNS 15865	90 kgf/cm ² 以下 ⁽²⁾
氯離子含量	CNS 13465	0.15 kg/m ³ 以下

⁽¹⁾ 管流度及坍流度可擇一試驗辦理。

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

6.9 計量與計價

編製含還原渣(石)CLSM 工程預算或估價時，可參考下列計量與計價方式進行作業：

- 1.CLSM 以「立方公尺」或「平方公尺」並註明厚度方式計量，除另有規定外，其數量依設計圖說所示之尺度計算之。
- 2.CLSM 之付款依契約詳細價目表之單價給付，其單價包括一切人工、材料(含安定化還原渣(石)粒料)、鋪築、養護、工具、裝備及雜項費用。

第七章 含還原碴(石)CLSM 品質管理與注意事項

依據「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表，電弧爐煉鋼爐碴(石)的再利用用途不再區分氧化碴(石)與還原碴(石)，因此為確保還原碴(石)粒料品質能符合工程之需求，使用還原碴(石)粒料之公共工程，建議比照氧化碴(石)執行全面品質管理，以減少影響工程品質之變異發生^[4]。因品質易受各作業階段影響，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，以確保含還原碴(石)CLSM 工程品質。

7.1 品質管理

含還原碴(石)CLSM 工程品質管制流程如圖 7-1 所示，各作業階段應特別強調之相關管制措施分述如下，以確保其品質。前工業廢棄物再利用於 CLSM，技術面是較為容易掌控，有關手冊中提到第三驗證單位是未來整個制度成功與否之關鍵，建議主管機關應就管理面落實各處理環節，於申報系統方面，所有材料與物質之流向及資訊都應清楚註記，倘未來有問題發生，才可追溯相關責任。

1. 還原碴(石)粒料入廠管制

- (1) 安定化還原碴(石)進料時，可目視該批組成成份是否摻雜異物，並留存進料記錄，以穩定生產品質。
- (2) 廠內若有同時收受氧化碴(石)與安定化還原碴(石)，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。

2. 材料及配比設計管制

- (1) 承包商應評估拌和廠所提供之安定化還原碴(石)粒料供應商資格與確認還原碴(石)粒料產源，必要時，承包商應會同工程單位辦理查廠。
- (2) 拌和廠可參考附件四訂定使用表單及注意事項，以符合「經濟部事業廢棄物再利用辦法」附表對於再利用機構品管的要求。

- (3) 拌和廠應確認安定化還原渣(石)粒料出廠檢驗報告之品質規格符合「經濟部事業廢棄物再利用辦法」，及工程會非屬共通性工項施工綱要規範第 03377 章「控制性低強度回填材料」^[12]之規定，方可進料。
- (4) 拌和廠應依照承包商要求之粒料規格與工程性質，使用工程預定用料進行配比設計與試拌，待確認配比設計結果符合需求後，經工程單位審核可則可進行產製。

3. 施工前查驗文件

施工前提供主辦機關查驗相關供應證明文件與品管作業文件，至少包括：

- (1) 工程契約相關規範。
- (2) 送審材料規格比較表。
- (3) 配比設計、品保書及混凝土送貨單樣本。
- (4) 公司簡介，包括公司登記證、工廠登記證、CLSM 供料廠審核函文、完稅證明、混凝土公會會員證書及其他相關環保文件等。
- (5) 產製流程及品管人員證照。
- (6) 公司儀器設備校正紀錄，包括度量衡器檢定合格證書、氯離子儀器校正報告等。
- (7) 材料來源證明，包括水泥、爐石粉、飛灰、混凝土添加劑等供貨合約、混凝土再生粒料來源及流向證明等。
- (8) 年度各項材料檢驗試驗報告，包括水泥、爐石粉、飛灰、混凝土添加劑、混凝土粒料(安定化後電弧爐煉鋼還原渣(石)粒料、電弧爐煉鋼爐渣(石)受水合作用膨脹試驗、電弧爐煉鋼還原渣(石)戴奧辛及有毒金屬溶出試驗)等試驗報告。
- (9) 混凝土產品試驗報告，包括 CLSM 坍流度及落球、預拌混凝土抗壓強度與氯離子含量試驗報告等。
- (10) 適用法規與規範，包括經濟部事業廢棄物再利用管理辦法相關規定、相

關施工綱要規範等。

4. 產製及施工管制

- (1) 拌和廠應依照審查核可之配比進行產製，若有變更需求時，應先通知承包廠及取得工程機關之認可後，方可執行，並留存相關紀錄。
- (2) 含還原碴(石)CLSM 應於拌和廠進行產製作業，以確保所產製 CLSM 之品質。
- (3) 承包商應依規範要求頻率，辦理含還原碴(石)CLSM 品質檢驗。
- (4) 澆置時，應均勻澆置，並確保 CLSM 之密實性，以避免對埋設物產生偏壓，及造成 CLSM 內部空洞或強度分布不均的情形。
- (5) 完工後，需進行灑水等養護作業，待確認達到初凝狀態後才可進行後續瀝青混凝土面層等鋪設工程。

5. 驗收階段管制

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

高壓蒸氣安定化電弧爐煉鋼還原礫(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊

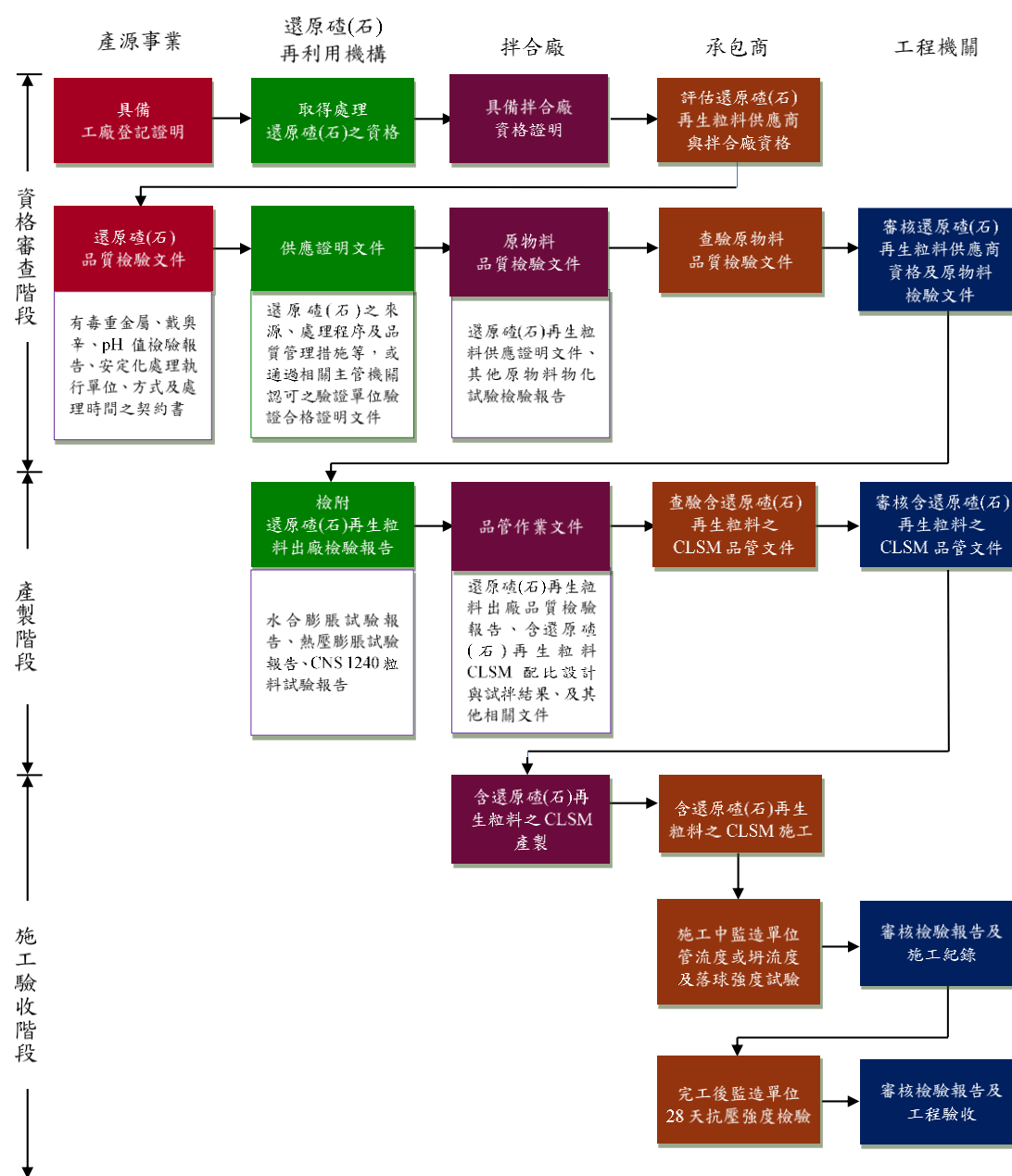


圖 7-1 含還原礫(石)CLSM 品管作業流程

7.2 注意事項

使用安定化還原碴(石)粒料之公共工程應注意下列事項：

1. 工程主辦機關應於施工前查驗相關供應證明文件與品管作業文件。
2. 相關證明文件主要確認使用之含還原碴(石)CLSM 品質，應符合法規標準並滿足工程需求。

由於安定化還原碴(石)屬再生粒料，因此若作為建築附屬相關之管溝回填，則有助於以該建築申請綠建築標章。綠建築九大評估指標包括：生物多樣性、綠化量、基地保水、日常節能、二氧化碳減量、廢棄物減量、室內循環、水資源與污水垃圾改善^[38]。其中，二氧化碳減量及廢棄物減量指標評估項目之一為使用再生建材，可採用再生級配粒料做為混凝土粒料，因此使用安定化還原碴(石)製作 CLSM，可同時滿足兩項指標，並且符合「綠建材」之「再生綠建材」的「控制性低強度材料」標章。

參考文獻

- [1] 環境部，廢棄物清理法. 2017.
- [2] 經濟部，經濟部事業廢棄物再利用管理辦法. 2023.
- [3] 台灣鋼鐵工業同業公會，電弧爐煉鋼氧化渣瀝青混凝土鋪面使用手冊. 2018.
- [4] 台灣鋼鐵工業同業公會，電弧爐煉鋼氧化渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊. 2019.
- [5] 台灣鋼鐵工業同業公會，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. 2019.
- [6] 台灣鋼鐵工業同業公會，電弧爐煉鋼爐渣(石)於海事工程應用手冊. 2021.
- [7] CNS 15310 瀝青鋪面混合料用鋼爐渣粒料.
- [8] 經濟部工業局(現改制為產業發展署)，電弧爐還原渣安定化技術手冊. 2017.
- [9] 鐵鋼スラグ協會，電氣炉スラグ～地域に根ざしたリサイクル資材. 2014.
- [10] CNS 3036 混凝土用燃煤飛灰及未煅燒或煅燒天然卜作嵐材料.
- [11] ACI 229R-13, Report on Controlled Low-Strength Materials, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA. 2013.
- [12] 行政院公共工程委員會，施工綱要規範第 03377 章 V8.0 控制性低強度回填材料. 2019.
- [13] 台灣鋼聯股份有限公司．旋轉窯高溫冶煉製程說明． [cited 2019 10.01]; Available from: http://http://www.tsutw.com.tw/category/wk_process.
- [14] 工業廢棄物清理與資源化資源網．煉鋼煙塵資源化技術-（一）旋轉窯法． [cited 2019 10.01]; Available from: <https://riw.tgpf.org.tw/Tech/more?id=51>.
- [15] 楊志祥，電弧爐氧化渣(石)資源化於透水性混凝土磚之可行性研究，碩士論文，朝陽科技大學. 2006.
- [16] 曾仕文，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，碩士論文，國立中央大學. 2012.
- [17] 鄭清元，電弧爐煉鋼爐渣特性及取代混凝土粗骨材之研究，碩士論文，國立中央大學. 2000.
- [18] CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法.
- [19] 刑金池，電弧爐氧化渣資源化利用研究，碩士論文，國立台北科技大學. 2000.

高壓蒸氣安定化電弧爐煉鋼還原渣(石)應用於控制性低強度回填材料(CLSM)使用手冊

- [20] 經濟部工業局(現改制為產業發展署), 電弧爐煉鋼還原渣資源化應用技術手冊. 2001.
- [21] 黃兆龍、鄭大偉、廖敏志、江奇成、杜嘉崇、黃重福, 鋼渣應用於混凝土製品之研究. 2018.
- [22] 台灣鋼鐵工業同業公會, 內部統計資料. 2023.
- [23] CNS 1240 混凝土粒料.
- [24] CNS 12387 工程用土壤分類試驗法.
- [25] 張雲鵬、張旭、李瑞麗, 國內外鋼鐵企業鋼渣資源利用及技術新進展. 江蘇冶金, 2007. 35(6): p. 4-6.
- [26] CNS 14842 高流動性混凝土坍流度試驗法.
- [27] CNS 15462 控制性低強度材料流動稠度試驗法.
- [28] CNS 15862 測定控制性低強度材料施加荷重時機之落球試驗法.
- [29] CNS 15865 控制性低強度材料圓柱試體製備及試驗法.
- [30] 環境部, 有害事業廢棄物認定標準. 2017.
- [31] 環境部, 焚化底渣再生粒料應用於控制性低強度回填資料(CLSM)使用手冊. 2015.
- [32] CNS 15864 新拌控制性低強度材料取樣法.
- [33] CNS 15863 控制性低強度材料密度(單位重)、拌和體積、水泥含量及含氣量(比重計法)試驗法.
- [34] CNS 3090 預拌混凝土.
- [35] CNS 13465 新拌混凝土中水溶性氯離子含量試驗法.
- [36] 台灣自來水股份有限公司, 自來水管埋設工程施說明書. 2017.
- [37] 台灣電力股份有限公司, 工程施工綱要規範第 03377A 章 高煤灰量控制性低強度回填材料. 2017.
- [38] 財團法人台灣建築中心, 綠建築九大評估指標, [cited 2023 08.30]; Available from: <https://gb.tabc.org.tw/modules/pages/target>.

附錄一 經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表及附件

112.10.30發布版本

再利用種類	再利用管理方式
編號八、電弧爐煉鋼爐渣(石)	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、控制性低強度回填材料用粒料原料、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、海事工程用粒料原料，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、控制性低強度回填材料用粒料原料、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、控制性低強度回填材料用粒料、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、海事工程用粒料、非構造物用預拌混凝土粒料、非構造物用預拌混凝土、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)氧化渣(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)還原渣(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、控制性低強度回填材料用粒料原料、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、紐澤西護欄原料及海事工程用粒料原料用途者，氧化渣(石)經破碎、磁選及篩分之產出物及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，始得進行再利用。氧化渣(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)電弧爐煉鋼爐渣（石）經高壓蒸氣處理須維持爐內壓力至少在20.1 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）經再利用程序產出之再生粒料，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再生粒料環境用途溶出程序檢測有毒重金屬項目，經檢測未超過附件三標準者，始得再利用。但再利用用途產品為水泥者，不在此限。 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)再利用產品品質應符合附件四規範，且除水泥外，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。 (2)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共通性工項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、一般農業區及其他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)使用於陸地時，應高於使用時現場地下水位一公尺以上。 (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)收受使用瀝青混凝土粒料再利用產品者，應於所產製之瀝青混凝土最終再利用產品出廠後四日內，連線至指定申報區，提報該批最終再利用產品所使用本編號再利用種類之產源事業、銷售對象、出廠時間、銷售量、再生粒料使用量、工程單位、工程名稱、使用地點及範圍，並應於每月十日前提報前月再生粒料庫存量。 9、再利用用途之產品屬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，且產製之控制性低強度回填材料僅限供作管溝回填及公共工程道路之路基、基層、底層、坑洞或其他回填用途使用。但電弧爐煉鋼爐碴（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)收受使用控制性低強度回填材料用粒料再利用產品者，應於所產製之控制性低強度回填材料最終再利用產品出廠後四日內，連線至指定申報區，提報該批最終再利用產品所使用本編號再利用種類之產源事業、銷售對象、出廠時間、銷售量、再生粒料使用量、工程單位、工程名稱、使用地點及範圍，
--	---

	並應於每月十日前提報前月再生粒料庫存量。 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，且產製之預拌混凝土僅得供作非構造物用途及製造業與倉儲業廠區之建築物主要構造以外用途使用。 (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)收受使用非構造物用預拌混凝土用粒料再利用產品者，應於所產製之非構造物用預拌混凝土最終再利用產品出廠後四日內，連線至指定申報區，提報該批最終再利用產品所使用本編號再利用種類之產源事業、銷售對象、出廠時間、銷售量、再生粒料使用量、工程單位、工程名稱、使用地點及範圍，並應於每月十日前提報前月再生粒料庫存量。 11、再利用用途之產品屬水泥製品用粒料者，應符合下列規定： (1)水泥製品用粒料銷售對象以水泥及混凝土製品製造業為限。 (2)再利用機構應與產品銷售對象簽訂買賣契約書，並應於水泥製品用粒料產品出廠前，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。 12、再利用用途之產品屬瀝青混凝土粒料、控制性低強度回填材料用粒料、鋪面工程之基層或底層級配粒料、海事工程用粒料、非構造物用預拌混凝土粒料及水泥製品用粒料者，應依下列規定申報流向： (1)再利用產品之申報規定及遞送聯單遞送方式，依附件一辦理。 (2)再利用產品清運機具應裝置即時追蹤系統，且清運機具裝置之系統規格應符合應裝置即時追蹤系統之清運機具及其規定公告之規定。
--	--

	(3)鋪面工程之基層或底層級配粒料再利用產品，經本部解除案件編號申報列管者，再利用機構應停止供料至該案產品買賣契約書所載之使用地點。 13、再利用用途產品為瀝青混凝土、控制性低強度回填材料、鋪面工程之基層或底層級配粒料、海事工程用粒料、紐澤西護欄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，且僅限供公共工程及本編號再利用種類之產源事業自廠、同一法人其他分廠或其依公司法規定合併財務報表之從屬公司使用。 (2)海事工程用粒料產品僅限使用於商港、工業專用港或已核定造地之工業區，且應於使用前辦理實驗室試驗、現地填築試驗及依環境影響評估法相關規定辦理相關事宜。 (3)控制性低強度回填材料產品僅限供作管溝回填及公共工程道路之路基、基層、底層、坑洞或其他回填用途使用。 (4)非構造物用預拌混凝土產品僅得供作非構造物用途及製造業與倉儲業廠區之建築物主要構造以外用途使用。 (5)紐澤西護欄產品不得堆疊使用。 (6)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。 (7)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、工程單位、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，應取得工程主辦機關同意使用再生粒料證明文件。 (8)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，以及工程主辦機關同意使用再生粒料證明文件，且經中央目的事業主管機關同意後，始得出料。變更契約書內容或終止契約時，亦同。 (9)再利用用途產品除鋪面工程之基層或底層級配粒
--	--

	料及海事工程用粒料者外，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、工程單位、該批產品所使用本編號再利用種類之產源事業、銷售量、再生粒料使用量、使用地點及範圍。 14、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。再利用用途產品為粒料者，各用途粒料之貯存量及其銷售量應分別加總計算。 15、再利用後之剩餘廢棄物應依廢棄物清理法相關規定辦理。 16、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)還原碴(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、控制性低強度回填材料用粒料原料、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、紐澤西護欄原料及海事工程用粒料原料用途者，經安定化處理後之還原碴（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)電弧爐煉鋼爐碴（石）經高壓蒸氣處理須維持爐內壓力至少在20.1 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二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及粒料再利用產品使用者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。
--	--

註：本手冊僅摘錄「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」部分規定，詳細請至全國法規資料庫查詢(網址：<https://law.moj.gov.tw/Index.aspx>)。

附件一 鋪面工程之道路基層或底層級配粒料、道路工程粒料、海事工程用粒料、瀝青混凝土粒料、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及水泥製品用粒料再利用產品之申報規定及遞送聯單遞送方式

申報時機	執行者	申報規定	遞送聯單遞送方式
再利用產品出廠前	再利用機構	於再利用產品出廠前，應連線申報清運之日期時間、機具車號、用途、數量及清運、銷售使用單位、該批產品所使用本編號再利用種類之產源事業、再生粒料使用量等資料。但再利用產品屬鋪面工程之道路基層或底層級配粒料、道路工程粒料、海事工程用粒料者，另應申報使用用途工程名稱、工程單位、使用地點及範圍。	應於完成申報作業後，列印遞送聯單一份及轉化為條碼形式之產品資訊交予清運者。
再利用產品清運	清運者	1. 應於清運出廠時過磅秤重，於遞送聯單上載明「實際清運日期時間」、「實際清運機具車號」實際清運重量等資料，經與再利用機構書面確認，作為其後續連線申報實際清運情形確認依據。 2. 準用應裝置即時追蹤系統之清運機具及其規定，於再利用機構現場刷取遞送聯上之再利用機構條碼，以確認接收情形。 3. 應於再利用產品清運出再利用機構後一日內載運至銷售使用單位。	遞送聯單經清運者收受後，隨同再利用產品運送。

申報時機	執行者	申報規定	遞送聯單遞送方式
再利用產品 收受	清運者	1. 再利用產品送抵銷售使用單位，應於遞送聯單上載明銷售使用單位之「實際送抵日期時間」、「實際收受重量」等資料，經與銷售使用單位書面確認，以確認送抵情形。 2. 準用應裝置即時追蹤系統之清運機具及其規定，於銷售使用單位現場刷取遞送聯單上之銷售使用單位條碼。	1. 確認完成收受再利用產品後，清運者應於次月月底前將前月完成簽收之遞送聯單送交予再利用機構留存。 2. 遞送聯單申報程序結束。
最終確認	再利用機構	1. 應依前開清運者於遞送聯單上載明資料及出貨磅單，於再利用產品出廠後二日內，進行連線申報實際供應、清運、收受情形之最終修正確認作業，且出貨磅單及遞送聯單應自行保存三年以供查核。 2. 如相關軟硬體設施發生故障無法依前開各項申報機制辦理時，應於修護	

附件二 熱壓膨脹試驗法：

一、取樣

電弧爐煉鋼爐渣（石）粒料之取樣根據 CNS 485 附錄 A 之 A.1.2 「自料堆取樣」之方法規定採樣，取樣質量至少十公斤。

二、儀器裝置

（一）試體模具：製作水泥砂漿和混凝土試體所用之模具，須能製作有效標距為 250 公釐，且長×寬×高尺寸分別為 285 公釐×25 公釐×25 公釐（水泥砂漿）及 285 公釐×75 公釐×75 公釐（混凝土）之長方柱試體，以供長度變化量測之需。而用於量測混凝土長度變化，其試體模具須能製作有效標距為 250 公釐。

註 1. 有效標距係指用作參考點之兩金屬螺釘最內端之間的距離。試體模具組裝時，各部分應能緊密而牢固扣緊。模具應使用不銹鋼，或抵抗水泥漿或混凝土侵蝕之鋼或硬質金屬製成，邊框須足夠剛性防扭曲變形。

註 2. 模具兩端之端板於水泥材料凝結期間，應有一直徑 6 公釐之不鏽鋼或不腐蝕金屬參考點正確位於固定位。參考點之位置應使其主軸（Principal axis）與試體主軸恰好相合，且螺釘伸入試體間之長度為 25 ± 0.15 公釐，兩螺釘最內端之距離為 250.0 ± 2.5 公釐，而此 250 公釐其為用予計算長度之有效標距。

（二）高壓蒸煮鍋：高壓蒸煮鍋為一種高壓蒸氣爐，裝有自動控制器，且具有破裂板或安全閥。加熱裝置於最大容積負荷（水加試樣）下，在加熱開關開啟後之四十五到七十五分鐘內，能將錶壓力提高至 20.8 kgf/cm^2 （絕對壓力約 21.8 kgf/cm^2 ），自動控制器應能將錶壓力維持在 $20.8 \pm 0.7 \text{ kgf/cm}^2$ 至少六小時之久。錶壓力 $20.8 \pm 0.7 \text{ kgf}$ ，相當於溫度 $215.7 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 。高壓蒸煮鍋之設計當於加熱開關關閉後之九十分鐘內，將錶壓力從 20.8 kgf/cm^2 降至低於 0.7 kgf/cm^2 。應裝有排氣閥，於加熱初期釋放空氣，並於冷卻末期釋放剩餘壓力。壓力錶之錶面直徑應為 11.4 公分，且刻度板之最大刻度為 40 kgf/cm^2 ，其每一刻度應不大於 0.25 kgf/cm^2 。於 20.8 kgf/cm^2 之工作壓力下，壓力錶可容許之誤差不得超過 0.20 kgf/cm^2 。

- (三) 長度校正器：用於測定試體長度變化之量具，其設計須能夾入所採尺寸之試體，並可適當與試體鑲嵌標釘圓頭部分接觸，且能快速地讀得測微錶之讀數。試體之長度變化，應用一量表或量測範圍至少有 7.5 公釐之長度測微器量測。儀器之刻度至少應到 0.025 公釐，在其範圍內任一點試驗時，其許可差不得大於 ± 0.051 公釐。各重複測量之許可差不得大於 0.025 公釐，校正器應有具備絕緣設置之因鋼 (Invar Steel) 製參考尺，以供校核用。

三、溫度與濕度

- (一) 製模室及乾料之溫度應維持在 20°C 至 27.5°C 。拌合用水、濕櫃及濕室之溫度應在 $23^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ 。
- (二) 濕櫃或濕室為試體儲存設備，其相對濕度應不小於百分之九十。

四、高壓蒸煮鍋安全作業須知

- (一) 壓力錶容量應為 40 kgf/cm^2 。若壓力錶容量太小，在高於規定之最大工作壓力下，實際壓力可能超出量測範圍；但若壓力錶容量過大，恐因指針移動幅度太小而無法注意，故操作人員應確保壓力錶指針無超過壓力錶之最大刻度。
- (二) 測試壓力錶運作是否正常。請同時使用溫度計與壓力錶，以進行壓力錶運轉測試，及指出任何可能的故障與異常狀況。
- (三) 維持自動控制器正常運作。
- (四) 設置安全閥，使壓力於超過本試驗方法規定壓力 20.8 kgf/cm^2 之百分之六至百分之十（即約 23.2 kgf/cm^2 ）時吹洩。除非製造商對安全閥之維護提出具體說明，否則每年應委託製造商進行閥門檢查至少二次。檢查時應使用測試儀器進行測試，或藉由調整自動控制器，使高壓蒸煮鍋壓力達 23.2 kgf/cm^2 ，此時安全閥應自動開啟或調整至可自動開啟，且操作員應遠離安全閥。

註：應注意潛在意外狀況。例如：當自動控制失敗且安全閥卡住，乍看之下錶壓力讀值為零，但其實已超過壓力錶最大刻度之壓力。此狀況多最終才被檢測出，並於裝置發生故障前釋放該未知之過剩壓力。

- (五) 進行高壓蒸煮鍋頂部拆卸時，應戴上隔熱手套以避免造成灼燙傷，而排氣閥應遠離操作人員。高壓蒸煮鍋頂部拆卸後，應將其傾斜，使蒸氣排出且

遠離操作人員，避免遭高壓蒸煮鍋內液體燙傷。

- (六) 壓力錶讀值為零時，不一定等同高壓蒸煮鍋內壓力為零，其仍存在潛在危險。

五、試體準備

- (一) 模具準備：模具應薄塗礦物油；塗畢後設置不鏽鋼或不受侵蝕之金屬參考點，並使其保持乾淨及不沾油類。
- (二) 拌製水泥砂漿：拌製水泥砂漿所用之細鋼碴粒料必須符合表 1「CNS 1240 混凝土粒料」之級配規定。

表 1 細鋼碴粒料之級配規定

試驗篩之標稱孔寬(CNS 386-1)	過篩百分率%
9.5 公釐	100
4.75 公釐	95-100
2.36 公釐	80-100
1.18 公釐	50-85
600 微米	25-60
300 微米	5-30
150 微米	0-10

以水泥砂漿所用材料之比例為一份水泥對 2.75 份細鋼碴粒料(以重量計)，水與水泥之比例(水灰比)採用 0.485，拌合方法按照「CNS 3655 水硬性水泥可塑稠性水泥漿及壩料之機械拌合法」規定之步驟，將所有拌合水置於拌碗內，然後加入水泥靜置三十秒鐘允許水泥吸收水分後，開動拌合器，以低速(140±5rpm)拌合三十秒鐘，在低速拌合過程，將全部量之細鋼碴粒料於三十秒鐘內緩慢加入，停止拌合器，將速率調為中速(285±10rpm)再拌合三十秒鐘，停止拌合器，將壩料靜置九十秒鐘，此期間之最初十五秒鐘迅速將附著於拌碗側面之壩料刮入拌碗內，然後開動拌合器，以中速(285±10rpm)拌合一分鐘，拌合成鋼碴粒料水泥砂漿。

- (三) 拌製混凝土：拌製混凝土所用之粗粒料採用粗鋼碴粒料(以重量計)。粗鋼碴粒料必須符合表 2「CNS 1240 混凝土粒料」試驗篩標稱孔寬 9.5 公釐

之級配規定。

表 2 粗鋼渣粒料之級配規定

尺度 編號	標稱尺度 (公釐)	試驗篩標稱孔寬					
		12.5 (公釐) $\left(\frac{1}{2}\right)$	9.5 (公釐) $\left(\frac{3}{8}\right)$	4.75 (公釐) (No.4)	2.36 (公釐) (No.8)	1.18 (公釐) (No.16)	300 (微米) (No.50)
		過篩百分率(%)					
8	9.5~2.36	100	85~100	10~30	0~10	0~5	—
89	9.5~1.18	100	90~100	20~55	5~30	0~10	0~5
9(a)	4.75~1.18	—	100	85~100	10~40	0~10	0~5
註：依 CNS 14891 之定義，尺度稱號 9 之粒料為細粒料，但當其與尺度稱號 8 之粒料組合後，則可成尺度稱號為 89 之粗粒料。							

混凝土設計採用「CNS 12891 混凝土配比設計準則」進行配比設計，水與水泥之比例（水灰比）採用 0.45，拌合方法按照「CNS 1230 試驗室混凝土試體製作及養護法」6.1 拌和混凝土之規定步驟拌和鋼渣粒料混凝土。將所有拌合水置於拌碗內，然後加入水泥靜置三十秒鐘後，開動拌合器，以低速（140±5rpm）拌合三十秒鐘，在低速拌合過程，將全部量之細鋼渣粒料於三十秒鐘內緩慢加入，停止拌合器，將壩料靜置九十秒鐘，此期間之最初十五秒鐘迅速將附著於拌碗側面之壩料刮入拌碗內，然後開動拌合器，以中速（285±10rpm）拌合一分鐘，先拌合成鋼渣粒料水泥砂漿。最後加入粗鋼渣粒料，及液狀的摻料（當需要添加摻料時，依「CNS 1230 試驗室混凝土試體製作及養護法」第 5.5 節規定辦理），可行的話，將摻料先溶於拌和水中。當所有材料加入後，轉動拌和三分鐘，停止三分鐘，再轉動拌和二分鐘，於停止動期間，拌和機開口處應予覆蓋，以防止水分蒸發散失。對於留存於拌和機和機內水泥砂漿，應事先予以補足，使傾出拌和機的混凝土具有正確的配比。

- （四）模具試體：水泥砂漿或混凝土拌合後，利用鐵鏟或其他合適工具將水泥砂漿或混凝土置入模具內，且選取的工具應能確保可自拌和桶內取得代表性的試樣，為避免試體製作過程產生粒料分離，應用鐵鏟等工具將水泥砂漿或混凝土再拌均，將鐵鏟等工具沿模具頂緣置入水泥砂漿或混凝土，以確

保水泥砂漿或混凝土均勻對稱置入，並將粗粒料在模具中分離之程度減至最低。在搗實前先用搗棒將模內混凝土撥勻，裝填最後一層試樣時，可多加一些試樣使搗實後水泥砂漿或混凝土剛好充滿模具。

- (五) 試體之儲存：模製完畢後，立即置放於濕櫃或濕室內至少二十小時；若於二十四小時前將試體自模內取出，應放於濕櫃或濕室內直到試驗時為止。

六、試驗步驟

- (一) 模製後二十四小時正、負三十分鐘，將試體自濕櫃或濕室內取出，量其長度，在室溫下放入高壓蒸煮爐架上，使試體四面均可與飽和蒸氣接觸。高壓蒸煮爐內應有充足水量，確保試體可於飽和蒸氣環境中進行試驗。高壓蒸煮爐內水量一般為高壓蒸煮爐容量百分之七至十。
- (二) 高壓蒸煮爐加熱之初，應將排氣閥出口開關打開直至有蒸氣噴出時為止(注意安全)。關上排氣閥開關，並以一定之升溫速率提高高壓蒸煮爐內溫度，使其於開啟加熱開關後之四十五分鐘至七十五分鐘內蒸氣壓力達到 20.8 kgf/cm^2 ，於此壓力維持六小時，而後關閉加熱開關，使高壓蒸煮爐冷卻，其冷卻速率在九十分鐘後將壓力降至低於 0.7 kgf/cm^2 以下，其餘壓力則略開排氣閥出口開關，使其緩慢釋放至與大氣壓力相等。將高壓蒸煮爐打開，將試體取出並置入溫度在 90°C 以上熱水中。試體周圍水溫以加冷水方法，使其均勻下降，並於十五分鐘內降至 23°C ，並維持於該穩定溫度至少十五分鐘，然後將試體表面拭乾，觀察及記錄試體完整性，包括外觀爆裂、局部爆孔、崩解及破裂現象，如試體結構完整則量測其長度。

註：如欲在 26.5°C 下作一切量測時，建議於自濕櫃或濕室內將試體取出後，放於溫度保持在 26.5°C 水內至少十五分鐘，然後取出，量長度再放入高壓蒸煮爐。從高壓蒸煮爐內取出試體後，在十五分鐘內將試體及水之溫度降至 26.5°C ，保持試體及水在此溫度十五分鐘之久，然後量其長度。

七、計算

試體蒸煮前後長度之差除以標距以百分率表示之，計算至百分之 $\bigcirc\cdot\bigcirc一$ ，即為水泥製品之熱壓膨脹。收縮（負膨脹）則於百分數前加一負號。

八、試驗報告

試驗報告應至少記載下列事項：

- (一) 試驗法名稱
- (二) 取樣方法及日期
- (三) 試體之尺寸及長度變化率
- (四) 試體完整性（有無外觀爆裂、局部爆孔、崩解及破裂現象）及圖示
- (五) 試驗日期

附件三 再生粒料之戴奧辛及環境用途溶出標準

項目(單位)	最終再利用產品使用地點 非屬環境敏感區之標準值	最終再利用產品使用地點 屬環境敏感區之標準值
鉛 (毫克/公升)	≤ 0.1	≤ 0.01
鎘 (毫克/公升)	≤ 0.05	≤ 0.005
鉻 (毫克/公升)	≤ 0.5	≤ 0.05
銅 (毫克/公升)	≤ 10	≤ 1.0
砷 (毫克/公升)	≤ 0.5	≤ 0.05
汞 (毫克/公升)	≤ 0.02	≤ 0.002
鎳 (毫克/公升)	≤ 1	≤ 0.1
鋅 (毫克/公升)	≤ 50	≤ 5.0
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	

備註：環境敏感區範圍如下：

1. 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、一般農業區及其他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，及前述分區內暫未依法編定用地別之土地範圍內。
2. 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上述土地分區或編定使用之土地範圍內。
3. 依飲用水管理條例公告之飲用水水源地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. 依濕地保育法公告之重要濕地、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。

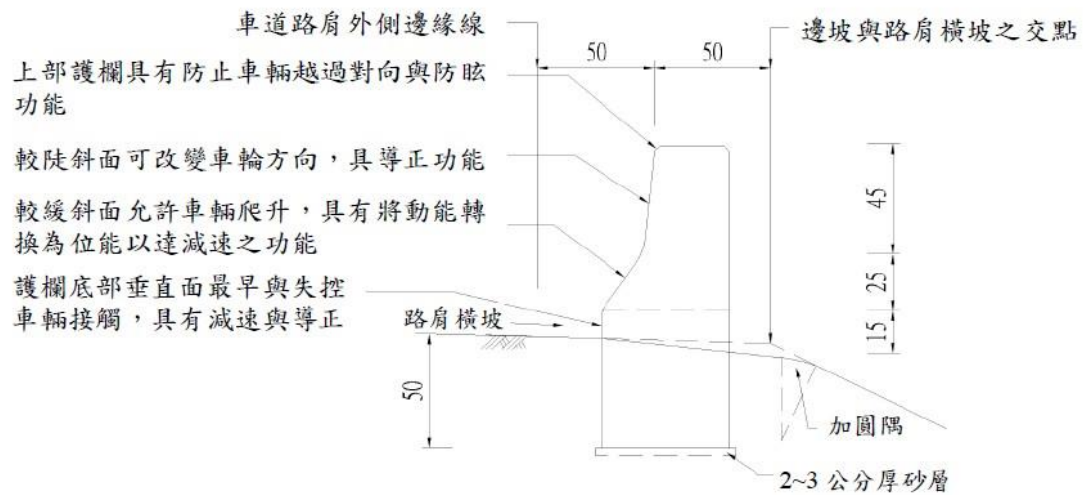
附件四 電弧爐煉鋼爐渣(石)再利用產品品質規範

一、紐澤西護欄以外再利用產品

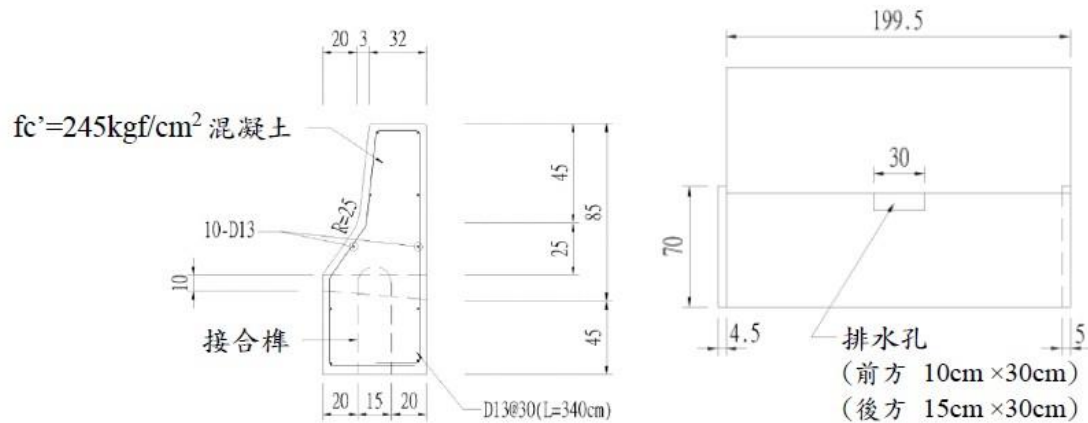
再利用產品項目	品質規範
水泥	符合CNS 61 卜特蘭水泥之品質標準。
瀝青混凝土粒料	符合CNS 15310 瀝青鋪面混合料用鋼爐渣粒料之品質標準。
瀝青混凝土	依公共工程共通性工項施工綱要規範第02741章瀝青混凝土之一般要求之品質項目檢驗，並符合工程採購契約書規範。
控制性低強度回填材料用粒料、非構造物用預拌混凝土粒料	符合CNS 1240 混凝土粒料之品質標準。
控制性低強度回填材料	依工程主辦機關施工規範第03377章控制性低強度回填材料或工程採購契約書檢驗，並符合其品質規範。
非構造物用預拌混凝土	符合CNS 3090 預拌混凝土之品質標準。
鋪面工程之基層或底層級配粒料	符合CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料、公共工程共通性工項施工綱要規範第02722章級配粒料基層或第02726章級配粒料底層之品質標準。
海事工程用粒料	符合海事工程進場品質管制標準。
水泥製品用粒料	符合事業之間契約書標準。
混凝土（地）磚	符合CNS 13295 高壓混凝土地磚、CNS 14995 透水性混凝土地磚、CNS 12963 裝飾混凝土磚之品質標準。
空心磚	符合CNS 383 空心磚之品質標準。
水泥瓦	符合CNS 467 弓形水泥瓦、CNS 468 槽型水泥瓦、CNS 469 平脊形水泥瓦、CNS 1049 高壓弧脊形水泥瓦 之品質標準。
水泥板	符合CNS 3802 纖維水泥板、CNS 11697 住宅屋面用裝飾水泥板、CNS 11699 外裝用纖維強化水泥板、CNS 13777 纖維強化水泥板、CNS 14890 再生纖維水泥板之品質標準。
緣石	符合CNS 3930 預鑄混凝土緣石之品質標準。
混凝土管	符合CNS 11691 無鋼襯預力混凝土管、CNS 12285 鋼襯預力混凝土管、CNS 14565 鋼襯混凝土管之品質標準。
人孔	符合CNS 15431 下水道用鋼筋混凝土預鑄人孔之品質標準。
溝蓋	符合CNS 10841 L 型側溝用陰井蓋之品質標準。

二、紐澤西護欄再利用產品

紐澤西護欄再利用產品品質規格應符合下列基本圖，其尺度除有註明者外，均以「公分」為單位。但再利用產品供作公共工程使用者，不在此限；其品質規格應符合工程採購契約書規範。



剖面圖



斷面及配筋

正面示意圖

附錄二 行政院公共工程委員會非屬共通性工項施工 網要規範第 03377 章 V9.0 控制性低強度回填材料

1. 通則

1.1 本章概要

控制性低強度回填材料（Controlled Low Strength Material，以下簡稱 CLSM）係由水泥(含水泥系處理劑)、卜作嵐摻料、粒料及水按設定比例拌和而成，必要時得依規定使用化學摻料。

1.2 工作範圍

本章工作範圍涵蓋 CLSM 之組成材料、性質要求、拌和、設備、品管、檢驗等相關規定。

1.3 相關章節

1.3.1 第 02320 章--不適用材料

1.3.2 第 03050 章--混凝土基本材料及施工一般要求

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準（CNS）

- | | | |
|-----|----------|------------------------|
| (1) | CNS 61 | 卜特蘭水泥 |
| (2) | CNS 1240 | 混凝土粒料 |
| (3) | CNS 3036 | 混凝土用燃煤飛灰及未煨燒或煨燒天然卜作嵐材料 |
| (4) | CNS 3090 | 預拌混凝土 |
| (5) | CNS 3091 | 混凝土用輸氣附加劑 |

- | | | |
|------|-----------|---|
| (6) | CNS 12283 | 混凝土用化學摻料 |
| (7) | CNS 12387 | 工程用土壤分類試驗法 |
| (8) | CNS 12549 | 混凝土及水泥砂漿用水淬高爐爐渣粉 |
| (9) | CNS 12833 | 流動化混凝土用化學摻料 |
| (10) | CNS 13465 | 新拌混凝土中水溶性氯離子含量試驗法 |
| (11) | CNS 13961 | 混凝土拌和用水 |
| (12) | CNS 14842 | 高流動性混凝土坍落度試驗法 |
| (13) | CNS 15286 | 水硬性混合水泥 |
| (14) | CNS 15462 | 控制性低強度材料流動稠度試驗法 |
| (15) | CNS 15862 | 測定控制性低強度材料施加荷重時機之落球試驗法 |
| (16) | CNS 15863 | 控制性低強度材料密度(單位重)、拌成物體積、水泥含量及含氣量(比重計法)試驗法 |
| (17) | CNS 15864 | 新拌控制性低強度材料取樣法 |
| (18) | CNS 15865 | 控制性低強度材料圓柱試體之製備及試驗法 |

1.4.2 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

1.5 資料送審

1.5.1 品質管制計畫書

1.5.2 施工計畫書

1.5.3 拌和設備之說明書

1.5.4 配比設計報告書

2. 產品

2.1 一般規格

除工程司依工程特殊需求，訂定特殊檢驗項目外，CLSM 應符合表一之基本性質規定。

表一 CLSM 之性質要求

項目	試驗方法	要求
*註 1 管流度 (cm)	CNS 15462	[15-20][20-30][]
*註 1 坍流度 (cm)	CNS 14842	[40 以上][]
落沉強度試驗	CNS 15862	一般型：[12][24][]小時 早強型：[3][4][]小時
28 天抗壓強度 (kgf/cm ²)	CNS 15865	[90 ^{註 2}][]以下
氯離子含量	CNS 13465	如使用於金屬管線埋設物之回填時，須符合 CNS 3090 之規定，如使用於非金屬管線埋設物之回填時，可免辦理本項試驗

*註 1：管流度及坍流度可擇一試驗辦理。

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

2.2 材料

2.2.1 水泥

- (1) 所使用之水泥應符合 CNS 61 或 CNS 15286 之相關規定。
- (2) 水泥之運送及儲存，除另有規定外，均須符合第 03050 章「混凝土基本材料及施工一般要求」之相關規定。

2.2.2 水泥系處理劑

如使用現場開挖土石方作為粒料，為增加固化拌和體強度，得使用化學成份中三氧化硫(SO_3)小於 12%之水泥系處理劑，但其餘性質仍應符合 CNS 15286 之相關規定。

2.2.3 卜作嵐摻料

卜作嵐摻料係指水淬高爐爐渣粉、燃煤飛灰等。

- (1) 所使用之卜作嵐摻料應符合 CNS 3036、CNS 12549 之相關規定。
- (2) 卜作嵐摻料之運送及儲存，除另有規定外，均須符合第 03050 章「混凝土基本材料及施工一般要求」之相關規定。
- (3) 使用 CNS 15286 之水泥時，不得另添加卜作嵐摻料。
- (4) 使用水泥系處理劑時，不得另添加卜作嵐摻料。

2.2.4 粒料

CLSM 使用之粒料，可為產製混凝土用粒料、現場開挖土石方、脫硫爐石粒料或再生粒料。粒料粒徑不得超過[19][50][]mm，其大於[19][50][]mm 者應篩除或軋碎處理；其中大於 NO.4 試驗篩 4.75 mm 之粗粒料用量不得超過[400][] kg/m^3 。使用粒料之規定如下：

- (1) 混凝土用粒料應符合 CNS 1240 之規定。
- (2) 現場開挖土石方應依 CNS 12387 加以分類，其中泥炭土、高塑性有機質土及低塑性有機質土含量不得大於[10][]%，並應符合第 02320 章「不適用材料」之相關規定。
- (3) 脫硫爐石粒料為煉鋼副產物脫硫爐石經加工處理所製成，應符合環保署公告之「毒性特性溶出程序(TCLP)」為無害者，其含水量不得大於[30][]%，並經必要性之安定化前處理程序，且滿足工程需求者，取代粒料比例不得大於[50][]%，如使用時應注意氯離子含量，並應符合本章之 3.6.2 款規定。
- (4) 再生粒料應符合中央目的事業主管機關之相關再利用規定或經第

三者專業機構驗證足以滿足工程需求者。

2.2.5 拌和水

拌和水應符合 CNS 13961 之相關規定。

2.2.6 化學摻料

- (1) 化學摻料應符合 CNS 3091、CNS 12283、CNS 12833 之相關規定。
- (2) 化學摻料之使用量及使用方法應依照製造廠商之配方說明書並提請工程司認可。

2.3 品質管制

2.3.1 CLSM 之單位重、拌和體積與含氣量試驗應依 CNS 15863 之相關規定進行。

2.3.2 CLSM 回填材料配比設計如經核可，其材料之來源、數量、材料級配、比例等，非經依規定程序報請工程司核准，不得擅自變更。

2.3.3 工程配比設計應使用經核准之材料，按重量或體積配料並在準備供料之場地試拌。

2.3.4 拌和設備規定

- (1) 拌和廠之料倉、計量器、校正用標準砝碼、給水之計量設備等須符合[CNS 3090][]之規定。
- (2) 使用工地型拌和設備產製 CLSM 時，其拌和設備應事先提送計畫，經工程司認可後方得使用。
- (3) 所有配料及拌和設備，均應隨時保持良好之操作狀態，並應提供足夠充份之預備機件，以備機械發生故障時使用。

2.3.5 試驗一般規定

供應商應提送含括表一所列各項性質之試驗計畫，經工程司核可後，進

行配比設計試驗。

3. 施工

3.1 準備工作

施工前應先依設計圖說之規定完成填築範圍內雜物之清除與基地整平作業，並應確認所有埋設物已按規定裝設及固定完竣。

3.2 產製

所有 CLSM 均應以符合本章之第 2.3.4 款規定之拌和設備為之。

3.3 運送

承包商應於 CLSM 供料使用前擬具 CLSM 之產製輸運計畫，經工程司審核後為之。

3.4 澆置

3.4.1 澆置前，CLSM 應以機械方式充分拌和。

3.4.2 CLSM 灌置入回填區時，應避免對結構體產生偏壓現象。

3.4.3 CLSM 澆置過程中得進行必要之震動搗實。

3.5 養護

CLSM 澆置完成後，需進行灑水養護，並使用麻袋、塑膠布及其他適當物品覆蓋或依設計圖說規定辦理，養護時間依設計圖說規定。

3.6 檢驗

3.6.1 CLSM 於澆置時，應依照 CNS 15864 所規定之程序取樣，進行檢、試驗。

3.6.2 應進行[管流度][坍流度]及氯離子含量試驗（如無鋼材腐蝕疑慮時，報

請工程司同意後，得免辦理本項試驗)。試驗應依[CNS 15462][CNS 14842]及 CNS 13465 之相關規定進行，試驗頻率與抗壓強度試驗相同，工程司得視現場狀況隨時增加試驗頻率。

3.6.3 為確保後續工作的執行，工程司得要求進行 CNS 15862 落沉強度試驗，當落沉強度試驗之壓紋直徑小於 76 mm，可做為進行後續工作之判定。

3.6.4 抗壓強度試驗

- (1) 每種 CLSM 每澆置[50][100][]m³，應取樣一次製作[一][]組至少[二][]只圓柱試體，不足[50][]m³者，以[50][]m³計，但分批取樣餘數未達 25m³者，得併入前一組取樣，每次澆置量未達[20][]m³者，經工程司同意得免作抗壓強度試驗。
- (2) 圓柱試體應依照 CNS 15865 之規定製作及試驗。
- (3) 除設計時另有規定外，CLSM 規定抗壓強度為[28][]天齡期之試驗強度。

4. 計量與計價

4.1 計量

CLSM 按[立方公尺][平方公尺，註明厚度][]計量，除另有規定或工程司另有指示外，其數量依設計圖說所示之尺度計算之。

4.2 計價

CLSM 之付款按契約詳細價目表之單價給付，其單價包括一切人工、材料、鋪築、養護、工具、裝備及雜項費用。

附錄三 CLSM 還原碴(石)供料計畫書參考範本

目錄

項目	內容	頁次
一、公司基本資料	1-1 公司簡介	1
二、電弧爐煉鋼碴(石)來源及程序	2-1 電弧爐煉鋼碴(石)原料來源及程序	2
	2-2 電弧爐煉鋼碴(石)原料環境相容性檢驗	3
	2-3 電弧爐煉鋼碴(石)再利用生產程序流程	4
三、品質管制措施	3-1 品管作業檢驗程序	6
	3-2 進廠允收管制及退運程序	7
	3-3 電弧爐煉鋼碴(石)產品環境相容性檢驗	9
	3-4 電弧爐煉鋼碴(石)產品浸水膨脹率及再生粒料品質	10
四、建議供料稽核方式	4-1 供料稽核方式	11
五、相關佐證資料 1 -再利用許可處理之資格證明文件及相關標章	略	
六、相關佐證資料 2 -產源端原料檢驗報告	略	
七、相關佐證資料 3 -再利用機構端產品檢驗報告	略	

一、公司基本資料

1-1 公司簡介

XX環保事業股份有限公司(以下簡稱XX公司)於民國90年4月創立，工廠設立於彰濱工業區線西區。民國92年12月XX一廠通過再利用檢核登記，屬於國內專業化爐渣再利用工廠，再利用項目包括：電弧爐煉鋼爐渣、旋轉窯爐渣、感應電爐爐渣、化鐵爐渣及廢鑄砂工廠之鑄砂，核准再利用總檢核量為45,100公噸/月，目前電弧爐煉鋼渣(石)再利用檢核量為31,000公噸/月。爐渣再利用產品包括：瀝青混凝土粒料原料、控制性低強度回填材料用粒料原料、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。為因應再利用產品之尾礦粒料應用，XX公司於101年01月增設二廠為預拌混凝土廠，設置預拌混凝土作業設備，粒料原料由一廠供應，生產控制性低強度回填材料(CLSM)，最大生產量為26,400公噸/月，屬於爐渣再利用法規管制之同一法人預拌混凝土廠。

XX公司自成立以來，秉著『用心服務、創新成長、良心事業』經營理念，不斷地，服務國內相關鋼鐵產業之電弧爐煉鋼爐渣、鑄造業鑄造工廠產生廢鑄砂資源化工作，屬於國內主要資源再利用爐渣的再利用廠。XX公司電弧爐煉鋼電弧爐煉鋼渣(石)粗、細粒料具有內政部建築研究所再生綠建材標章產品認證，相關工廠登記、營業登記、再利用檢核許可文件及再生綠建材標章證書於「五、相關佐證資料 1」。

二、電弧爐煉鋼渣(石)來源及程序

2-1 電弧爐煉鋼渣(石)原料來源及程序

電弧爐煉鋼廠爐渣是將資源回收的廢鐵、廢鋼之原料在高溫熔爐中反應後煉製成不同的鋼類產品。國內廢鐵回收率高達94%，台灣資源回收的廢鐵、廢鋼，都可以透過煉鋼程序去化，而且可以100%、不限次數的回收再利用。國內典型的電弧爐煉鋼廠，採用民間收集的廢鐵、拆船、廢汽車、工業廢鐵等為原料，將

廢鐵、廢鋼在初步篩選後分類，在符合原料使用標準下，秤重加料，倒入電弧爐熔爐中，再以人造石墨電極插入爐體內廢鋼、廢鐵材料中，經過通電流，藉著石墨電極與廢鐵、廢鋼原料產生電弧，所產生高溫放熱溫度可達 1600℃ 以上，在此階段將廢鐵、廢鋼熔解。電弧爐煉鋼冶煉過程依其操作步驟可分為下列階段：

- (1) 入料期：廢鐵、廢鋼原料經由輻射檢測，符合原料使用標準後，倒入電弧爐煉鋼熔爐中，通常需要 2-3 批次投料過程。
- (2) 熔解期：通以電流藉石墨電極與廢鐵、廢鋼原料間產生電弧，產生高溫放熱，溫度可達 1600℃ 以上熔解廢鐵、廢鋼。
- (3) 氧化期：本階段主要為投入焦炭、石灰石及吹氧作業，目的是將鋼液中雜質與石灰石反應，形成氧化渣狀物與鋼液分離。
- (4) 除渣一：本階段主要為氧化期產生的浮渣去除，將浮渣排入盛渣鋼桶，冷卻後浮渣即成為電弧爐煉鋼渣(石)。
- (5) 還原期：本階段主要為投入合金鐵(如矽鐵、錳鐵合金)調整鋼液化學成分，達到各種鋼品化學成分需求，但因鋼液中含氧量過高，因此需加以還原，其作法是加入大量石灰石、焦炭等副料，使其與氧化物反應，產生還原浮渣並去氧脫硫，以純化鋼液。
- (6) 除渣二：將還原期浮渣排入盛渣鋼桶，冷卻後浮渣即成為還原渣。
- (7) 出鋼：將鋼液澆鑄成鋼坯。故電弧爐煉鋼過程的化學反應分成三個階段，分別為熔解期、氧化期及還原期，排出的爐渣又分為電弧爐煉鋼渣(石)及還原渣，二種不同性質的爐渣依「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表「編號八、電弧爐煉鋼爐渣(石)」規定分區貯放。XX 鋼鐵股份有限公司爐渣產生的流程如圖 2-1 所示。

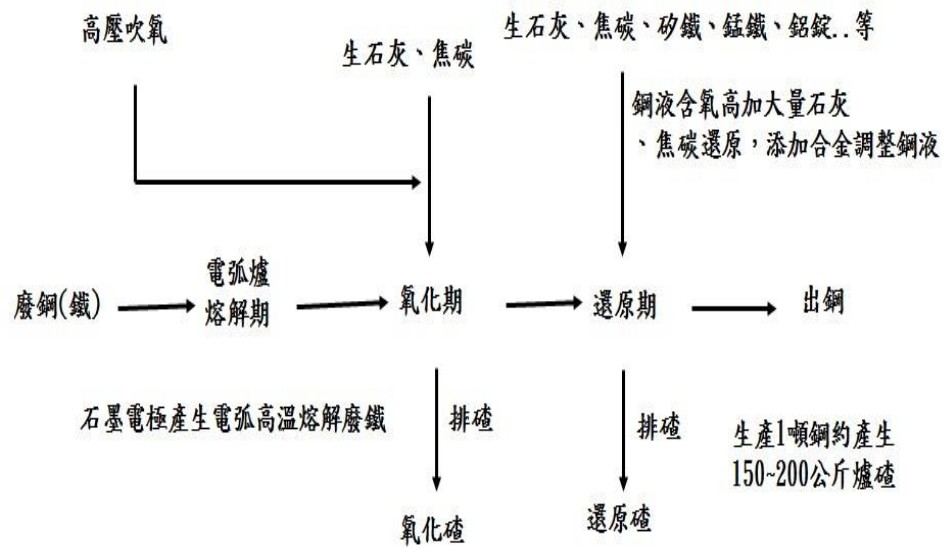


圖 2-1 X X鋼鐵公司爐渣產生流程

2-2 電弧爐煉鋼渣(石)原料環境相容性檢驗

依照經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表編號八、電弧爐煉鋼爐渣(石)之規定，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，事業機構需要進行每年度的環保檢驗與測試，在符合法規要求標準之下的鋼廠電弧爐煉鋼渣(石)才能進入再利用廠，如表 2-1 所示。

表 2-1 X X 鋼鐵產出電弧爐煉鋼碴(石)環境相容性檢驗

項目	檢驗方法	檢測值 (mg/L)	管制標準 (mg/L)	偵測極限 (mg/L)
總鉛	NIEA R201.15C NIEA R306.14B	ND	<5.0	0.126
總鎘	NIEA R201.15C NIEA R306.14B	ND	<1.0	0.008
總鉻	NIEA R201.15C NIEA R306.14B	ND	<5.0	0.018
總硒	NIEA R201.15C NIEA R300.10C	ND	<1.0	0.002
總銅	NIEA R201.15C NIEA R306.14B	ND	<15.0	0.021
總鋇	NIEA R201.15C NIEA R306.14B	1.31	<100	0.070
六價鉻	NIEA R201.15C NIEA R309.13C	ND	<2.5	0.010
總砷	NIEA R201.15C NIEA R318.13B	ND	<5.0	0.0003
總汞	NIEA R201.15C NIEA R314.13C	ND	<0.2	0.0002
戴奧辛 (ng I-TEQ/g)	NIEA M801.13B	0.0007	≤1.0	0.0003
pH	NIEA R208.04C	10.71	2-12.5	-

2-3 電弧爐煉鋼碴(石)再利用生產程序流程

XX 公司電弧爐煉鋼碴(石)再利用作業程序包括將電弧爐煉鋼碴(石)破碎成粒徑 5 mm 以下，過程使用磁選機將電弧爐煉鋼碴(石)中的殘鐵選出。電弧爐煉鋼碴(石)須符合經濟部事業廢棄物管理辦法之再生粒料檢驗(浸水膨脹率試驗、熱壓膨脹試驗、戴奧辛及依再生粒料環境用途溶出程序檢測有毒重金屬項目)，方可使用於該辦法所許可之再利用用途上。檢測合格後，即可使用視電弧爐煉鋼碴(石)為再生粒料後續製作瀝青混凝土粒料原料、控制性低強度回填材料用粒料原料、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。

三、品質管制措施

3-1 品管作業檢驗程序

為確保本廠電弧爐煉鋼渣(石)產品之品質及符合法規之要求，依照經濟部事業廢棄物再利用管理辦法附表編號八、電弧爐煉鋼爐渣(石)之規定，事業機構需要進行檢驗與測試，在符合法規要求標準之下的鋼廠電弧爐煉鋼渣(石)才能進入工廠，經由本廠再利用產出之再生粒料，每年由環保主管機關核發許可證的實驗室檢測有毒重金屬、戴奧辛、pH 一次；電弧爐煉鋼渣(石)經破碎、磁選、篩分及安定化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檢測一次，經檢測之七天膨脹量未超過百分之〇·五者，始得進行再利用，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。再利用產品品質檢測報告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，依該認證機構所訂格式辦理，再利用產品至少每月應檢測一次產品品質，CLSM 產品依公共工程非屬共通性工項施工綱要規範^[11]之品質(性質)項目檢驗，並符合工程採購契約書規範。品管作業檢驗程序如圖 3-1 所示。

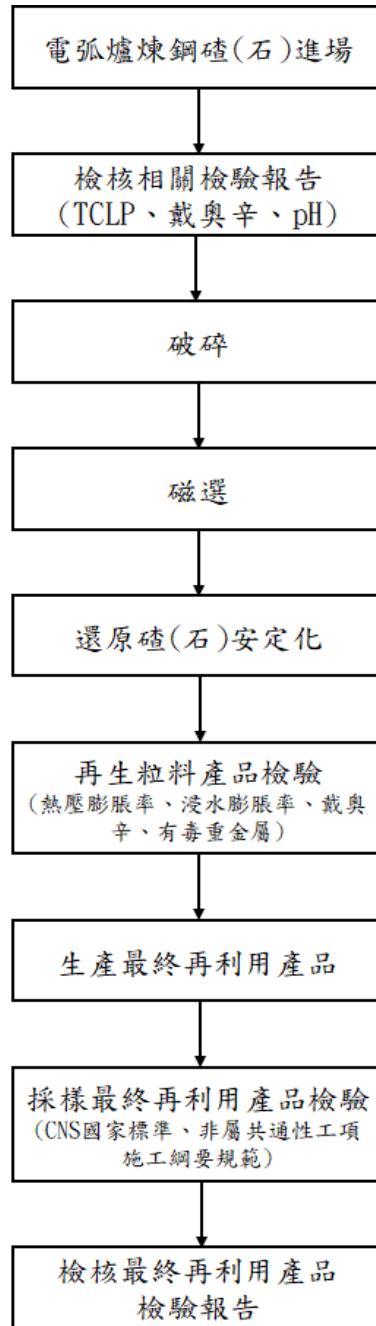


圖 3-1 X X 公司 CLSM 品管作業檢驗程序

3-2 進廠允收管制及退運程序

(1) 進廠允收管制

接獲事業機構通知有清除需求時，首先將評估確認本廠程序及貯存區是否足以接受此批原料，若再利用用途產品貯存量超過再利用用途產品前 6 個月之累積

銷售量時，停止收受廢棄物進廠再利用。另外尚須考量程序工作安排，若無法承接時，將暫停派車前往清運。若無上述之虞慮之下，本廠將安排清運公司或本廠車輛前往清運。

清運車輛到達事業機構時將由司機確認聯單、清運之廢棄物種類及外觀判斷是否顏色或物狀是否有異於常態，若有不符過去經驗狀況，將由司機回報公司，暫停清運，若初步符合可以清運條件，才開始進行裝載作業。當清運車輛將原料運回工廠時，將由工廠人員確認聯單、清運之廢棄物種類及外觀判斷是否顏色或物狀是否有異於常態，若有異常將回報廠長進一步確認，若無法符合契約或廠內進料標準，則將原車運回事業機構。在符合允收標準可以收料條件下，進行原料過磅，依原料種類清運至適當貯存區下料。

(2) 退運機制

- a. 通知事業機構退運原因及預訂到達時間。
- b. 未卸料退運時於上網申報點選不接受並依該項程序退運。
- c. 經目測不符允收標準或突發性停業時，與產源事業協商退運時程及清運車輛，經確認符合要求及確認時間後上網申報退運作業，經與產源事業溝複檢收受，完成退運程序。
- d. 報備地方環保單位及聯單說明 進廠允收管制及退運程序如圖 3-2 所示。

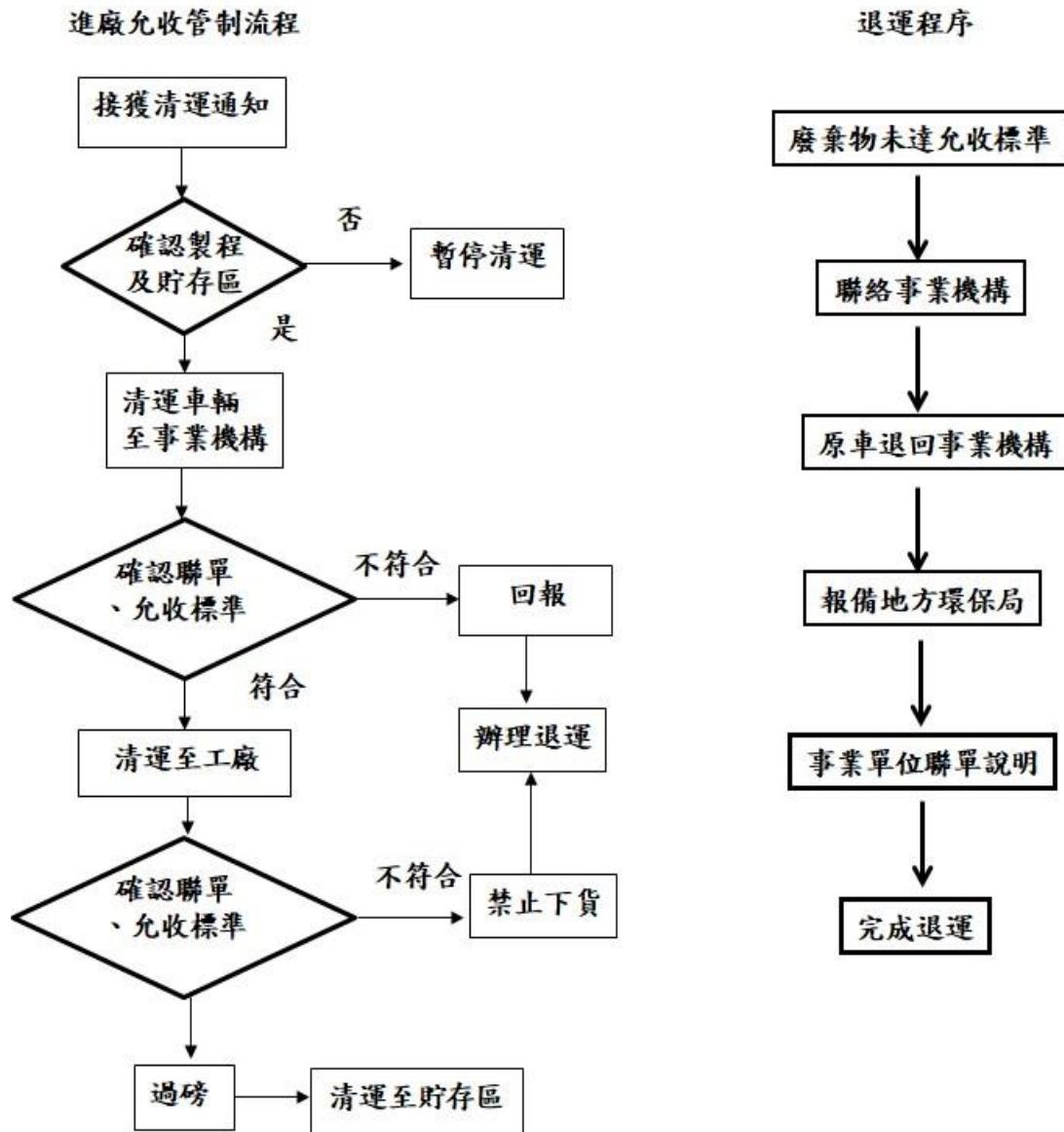


圖 3-2 進廠允收管制及退運程序

3-3 電弧爐煉鋼渣(石)產品環境相容性檢驗

針對電弧爐煉鋼渣(石)粒料產品的檢測主要分成有：

1. 有毒重金屬溶出及戴奧辛
2. 浸水膨脹率
3. 粒料之品質檢驗

本廠電弧爐煉鋼渣(石)產品之有毒重金屬溶出及戴奧辛檢測結果如表 3-1 所示。

表 3-1 XX公司電弧爐煉鋼渣(石)再生粒料產品品質檢驗

項目	檢驗方法	檢測值 (mg/L)	管制標準 (mg/L)	
			最終再利用產品使用地點 非屬環境敏感區之標準值	最終再利用產品使用地點 屬環境敏感區之標準值
鉛	再生粒料環境用途 溶出程序 NIEA R222.11C	ND	≤ 0.1	≤ 0.01
鎘		ND	≤ 0.05	≤ 0.005
鉻		ND	≤ 0.5	≤ 0.05
銅		ND	≤ 10	≤ 1.0
砷		ND	≤ 0.5	≤ 0.05
汞		ND	≤ 0.02	≤ 0.002
鎳		ND	≤ 1	≤ 0.1
鋅		ND	≤ 50	≤ 5.0
戴奧辛 ng I-TEQ/g	NIEA M801.13B	≤ 0.1	≤ 0.1	

3-4 電弧爐煉鋼碴(石)產品浸水膨脹率及再生粒料品質

本廠電弧爐煉鋼碴(石)產品之浸水膨脹率及粒料品質檢測結果如表 3-3 與表 3-4 所示。

表 3-3 X X 公司電弧爐煉鋼碴(石)產品浸水膨脹率檢測結果

檢驗項目	檢驗方法	檢驗結果	管制標準	檢測單位
粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法	CNS 15311	0.03	0.5%	XX實驗室

表 3-4 X X 公司電弧爐煉鋼碴(石)再生粒料之品質檢驗結果

檢測項目	檢測方法	檢測結果	標準要求
篩分析 (級配)	CNS 486、CNS 491	參見七、相關佐證資料	符合業主需求或CNS 15309細粒料級配規定之級配稱號
健度%	CNS 1167	2.8	硫酸鈉:≤15% 硫酸鎂:≤20% CNS15309 附錄 A
塑性指數	CNS 5088	N/A	≤4(通過425 μm試驗篩 CNS 15309規定)

四、建議供料稽核方式

4-1 供料稽核方式

XX 公司提供本案電弧爐煉鋼渣(石)粗細粒料品質具有明確之產品履歷，包括來源、處理程序、品質管制措施等；材料相關性質經品保符合環保法規之無害標準，相關試驗方法及試驗報告滿足道路工程需求，提供使用單位審查核可後方可供料；使用電弧爐煉鋼渣(石)施工時，依照設計規劃之規定進行抽驗，必要時，得配合工程司指示進行抽驗。本案產品品質檢驗項目及頻率參照經濟部爐渣(石)管理規定，產品標準依循 CNS 1240 混凝土用粒料，驗收方式依循公共工程非屬共通性工項施工規範第 03377 章控制性低強度回填材料。本案針對電弧爐煉鋼渣(石)粗細粒料建議供料稽核方式包含以下的品質檢驗項目、方法及頻率，如表 4-1~表 4-2 所示。

表 4-1 CLSM 用電弧爐煉鋼渣(石)再生粒料產品品質檢測項目、方法及頻率

檢測項目	檢測方法	標準要求	頻率
比重	CNS 488、CNS 487	-	每一工程或 每一來源
篩分析 (級配)	CNS486、CNS 491	符合業主需求或CNS 15309 細粒料級配規定之級配稱號	
健度%	CNS 1167	硫酸鈉:≤15% 硫酸鎂:≤20% CNS15309 附錄 A	
浸水膨脹率%	CNS 15311	<0.5	
重金屬溶出試驗	國家環境研究院檢測方法	-	詳如 表4-2
戴奧辛			
pH			

表 4-2 電弧爐煉鋼礫(石)重金屬溶出試驗 TCLP、戴奧辛、pH 管制標準

項目	產源端管制標準		再生粒料管制標準		
	檢驗方法	限值 (mg/L)	檢驗方法	最終再利用產品使用 地點非屬環境敏感區 之標準值	最終再利用產品使 用地點屬環境敏感 區之標準值
鉛	NIEA R201.15C NIEA R314.13C	≤5.0	NIEA R222.11C	≤0.1	≤0.01
鎘	NIEA R201.15C NIEA R314.13C	≤1.0		≤0.05	≤0.005
鉻	NIEA R201.15C NIEA R314.13C	≤5.0		≤0.5	≤0.05
硒	NIEA R201.15C NIEA R300.10C	≤1.0		-	-
銅	NIEA R201.15C NIEA R314.13C	≤15.0		≤10	≤1.0
鋇	NIEA R201.15C NIEA R306.14B	≤100		-	-
六價鉻	NIEA R201.15C NIEA R309.13C	≤2.5		-	-
砷	NIEA R201.15C NIEA R314.13C	<5.0		≤0.5	≤0.05
汞	NIEA R201.15C NIEA R314.13C	<0.2		≤0.02	≤0.002
鎳	-	-		≤1	≤0.1
鋅	-	-		≤50	≤5.0
戴奧辛 (ng I-TEQ/g)	NIEA M801.13B	≤1.0	NIEA M801.13B	≤0.1	
pH	NIEA R208.04C	2-12.5	-	-	-

五、相關佐證資料 1-再利用許可處理之資格證明文件及相關標章

六、相關佐證資料 2-產源端原料檢驗報告(略)

七、相關佐證資料 3-再利用機構端產品檢驗報告(略)

附錄四 還原礫(石)粒料使用表單(預拌廠用)

項目	編號	檢核項目	檢核狀況	說明
生產 管理	1	廠內建物安全穩固	☐ 是 ☐ 否	
	2	地面應採用水泥混凝土或其他易清理之材料	☐ 是 ☐ 否	
	3	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	☐ 是 ☐ 否	
	4	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	☐ 是 ☐ 否	
	5	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	☐ 是 ☐ 否	
	6	工廠內部應有充分採光、照明及通風設備	☐ 是 ☐ 否	
	7	已設置爐礫篩分設備	☐ 是 ☐ 否	
	8	已標示不同來源/類型之爐礫	☐ 是 ☐ 否	
	9	氧化礫及還原礫已分區儲放	☐ 是 ☐ 否	
	10	料堆無雜質污染情形	☐ 是 ☐ 否	
	11	不同料源作區隔	☐ 是 ☐ 否	
	12	隔倉無嚴重歪曲、撓曲或倒塌現象	☐ 是 ☐ 否	
	13	廠內配置足夠數量之震動篩分機篩網，且滿足常用之配合設計比例	☐ 是 ☐ 否	
	14	粒料堆置區設有格網、覆蓋或灑水等避免塵土飛揚設施	☐ 是 ☐ 否	
	15	已設置集塵設備	☐ 是 ☐ 否	
	16	已設置空氣污染防制專職人員	☐ 是 ☐ 否	
	17	已建立進料及儲存設備、集塵設備、污染防治設備維護制度並落實執行，且有相關保養紀錄備查	☐ 是 ☐ 否	

	18	所有生產設備已規定需留存之備品並已建立備品清單	☐ 是 ☐ 否	
	19	工廠出口處已設置洗車設備	☐ 是 ☐ 否	
品質管理	1	實驗室已制定下列各項試驗程序： 1.粒料：篩分析、含水量、比重及小於試驗篩 75 μ m (#200 篩) 之物質含量 2.礦物填充料：篩分析試驗 3.CLSM：水溶性氯離子含量檢測	☐ 是 ☐ 否	
	2	各項試驗程序可於作業場所呈現	☐ 是 ☐ 否	
	3	試驗手冊或工作標準書與最新版次規範(或標準)相符	☐ 是 ☐ 否	
	4	已制訂各項原料檢驗項目、頻率、方法及允收標準	☐ 是 ☐ 否	
	5	廠方已制定原料採購合約，且規定驗收標準	☐ 是 ☐ 否	
	6	各項原料採購規格、原廠試驗報告及施工綱要規範，不相矛盾	☐ 是 ☐ 否	
	7	各項原料檢驗紀錄已加註規範值或允收標準	☐ 是 ☐ 否	
	8	各項原料檢驗紀錄已妥善保存	☐ 是 ☐ 否	
	9	定期委外進行膨脹率試驗之報告	☐ 是 ☐ 否	
	10	廠內已建立 CLSM 配合設計及修正流程與計算方式之書面文件	☐ 是 ☐ 否	
	11	已妥善保存 CLSM 配比計算資料及廠拌結果	☐ 是 ☐ 否	
	12	廠內已制訂試驗設備定期保養及校正計畫	☐ 是 ☐ 否	
	13	自校之試驗儀器已制定校正(查驗)程序，並確實執行	☐ 是 ☐ 否	
	14	試驗設備之校正狀況已有適當標示	☐ 是 ☐ 否	
	15	各種材料計量磅秤應至少每年校正一次，且留存紀錄	☐ 是 ☐ 否	

	16	廠內已針對篩分析結果進行統計及分析，統計結果包含平均值、標準差、變異係數及管制圖等	☐ 是 ☐ 否	
	17	廠內人員具備分析判讀統計結果之能力	☐ 是 ☐ 否	
	18	統計分析結果已定期陳核檢討，並以會議討論或書面知會方式告知廠務及品管部門，並提送給管理階層參考	☐ 是 ☐ 否	
	19	品管人員具備 CLSM 配合設計能力	☐ 是 ☐ 否	
	20	品管人員瞭解左列檢試驗結果判定標準，並具備試驗執行能力： 1. 粒料物理性：篩分析、含水量、比重及小於試驗篩 $75\mu\text{m}$ （#200 篩）之物質含量 2. 粒料穩定性：水合膨脹、熱壓膨脹 3. 新拌 CLSM：坍流度、水溶性氯離子含量、比重、含氣量 4. CLSM 試體：試體高度和直徑、抗壓強度等試驗	☐ 是 ☐ 否	
行政管理	1	運輸車輛車斗已備妥帆布或其他覆蓋保護之裝置	☐ 是 ☐ 否	
	2	廠內已設置地磅	☐ 是 ☐ 否	
	3	粒料進料時有專人監控並留存進料紀錄	☐ 是 ☐ 否	
	4	進料紀錄包含日期、時間、車號、種類、數量及粒料品質目視判斷結果	☐ 是 ☐ 否	
	5	廠內依程序妥善保存各項文件與紀錄	☐ 是 ☐ 否	
	6	廠內備有最新版各項標準及施工綱要規範文件	☐ 是 ☐ 否	
	7	已制定合約審查程序並落實執行	☐ 是 ☐ 否	

	8	關係企業承攬工程之契約已經品管及廠務部門.審閱並留存紀錄	☐ 是 ☐ 否	
	9	不含施工之供料合約審查作業流程已包含業務、品管及廠務部門	☐ 是 ☐ 否	
	10	零星購料無訂購合約顧客，廠方仍有接單紀錄	☐ 是 ☐ 否	
	11	廠方已保留簽約顧客之工程規範及相關技術要求	☐ 是 ☐ 否	
	12	業務、廠務及品管人員瞭解顧客合約規範之特殊要求	☐ 是 ☐ 否	
	13	已妥善保存與顧客簽訂之合約文件及審查紀錄	☐ 是 ☐ 否	
	14	廠內已建立司機管理辦法並落實執行	☐ 是 ☐ 否	
	15	出料單符合下列規定： 1.出料單應有連續編號 2.除業主要求之格式外，廠內應有制式出料單，出料單應記載之資料包含裝貨日期與時間、貨車編號、裝載貨車之空重、裝載淨重、粒料種類和廠監工人員表示同意之書面簽字證明等	☐ 是 ☐ 否	
	16	現場確認出料單之車輛空車重、總重及拌和料淨重與實際地磅顯示相符	☐ 是 ☐ 否	
	17	已制定顧客抱怨作業程序並落實執行	☐ 是 ☐ 否	
	18	已制定不合格品管制作業程序並落實執行	☐ 是 ☐ 否	
	19	不合格品包含進料檢驗、製程檢驗、最終產品檢驗及外單位抽驗所見之不符合情形	☐ 是 ☐ 否	
20	針對顧客抱怨及不合格品制訂矯正措施作業程序並落實執行	☐ 是 ☐ 否		

附錄四 還原礫(石)粒料使用表單(預拌廠用)

	21	收料人員具備粒徑大小與潔淨度之目視判斷能力	☐ 是 ☐ 否	
	22	已規定生產、品管及運輸人員之訓練需求	☐ 是 ☐ 否	
	23	已規定新進人員之基本技能及訓練需求	☐ 是 ☐ 否	
	24	已制定內部稽核作業程序並妥善保存紀錄	☐ 是 ☐ 否	
	25	內部稽核範圍涵蓋生產、品管及行政作業	☐ 是 ☐ 否	