



優質鋼爐渣粒料的生產與應用

簡報者：黃隆昇

樹德科技大學建築與室內設計研究所副教授
高雄市土木技師公會教育訓練委員會主任委員
中華鋪面工程學會副秘書長

演講人簡介

樹德科技大學建築與室內設計研究所副教授

國立成功大學土木工程博士

交通部重大工程查核委員

高雄市土木技師公會教育訓練委員會主任委員

中華鋪面工程學會副秘書長

辦理依據

- (一)由經濟部及環保署督導產出機構全程管理，落實資源化產品可溯源制度追蹤之履歷制度，請工程會鼓勵各部會及地方政府適材適所運用於工程。
- (二)為提高資源化產品之利用，請各部會於辦理公共工程時全力配合使用，並請工程會儘速盤點可協助去化之公共工程，以掌握供需。

產出及去化情形

一貫作業 煉鋼製程

中鋼及中龍

高爐爐石
約300萬噸/年

脫硫石
約45萬噸/年

轉爐石
約160萬噸/年

電弧爐 煉鋼製程

19家業者

氧化碴
約110萬噸/年

還原碴
約30萬噸/年

其性質具膠結性，可取代部分水泥，有市場價值由業者自行販售，無需協助去化。

比重與天然粒料相近，經處理後為礦物細料及銑鐵，業者自行處理，無需協助去化。

- 其性質比重大、質地堅硬、有膨脹性。

- 經濟部已完成使用手冊，可用在瀝青鋪面。

- 海事工程使用手冊12月甫完成，正協調部會提供試辦工程。

- 106年，機關就粒徑適用於瀝青鋪面部分使用10萬噸，餘須由業者自行依事業計畫或廢棄物清理計畫去化。

- 107年，機關就粒徑適用於瀝青鋪面部分協助25萬噸，須更多瀝青廠完成操作許可異動方可達成，已請環保署儘速釋示；餘須由業者自行去化。

- 其性質比重大、質地堅硬、有膨脹性、有鏽斑疑慮。

- 鋼鐵公會已編訂氧化碴瀝青混凝土使用手冊，並於工程會網站提供外界參考運用。

具膨脹性，經濟部工業局已編訂還原碴安定化技術手冊，鋼廠共同籌組台鋼資源(股)公司專責還原碴安定化業務，目前尚在建廠中。

資源產物運用於公共工程遭遇問題

- 產出單位未全程管理，造成不當利用及污名化
- 種類繁多，造成機關容易誤用或不合法使用

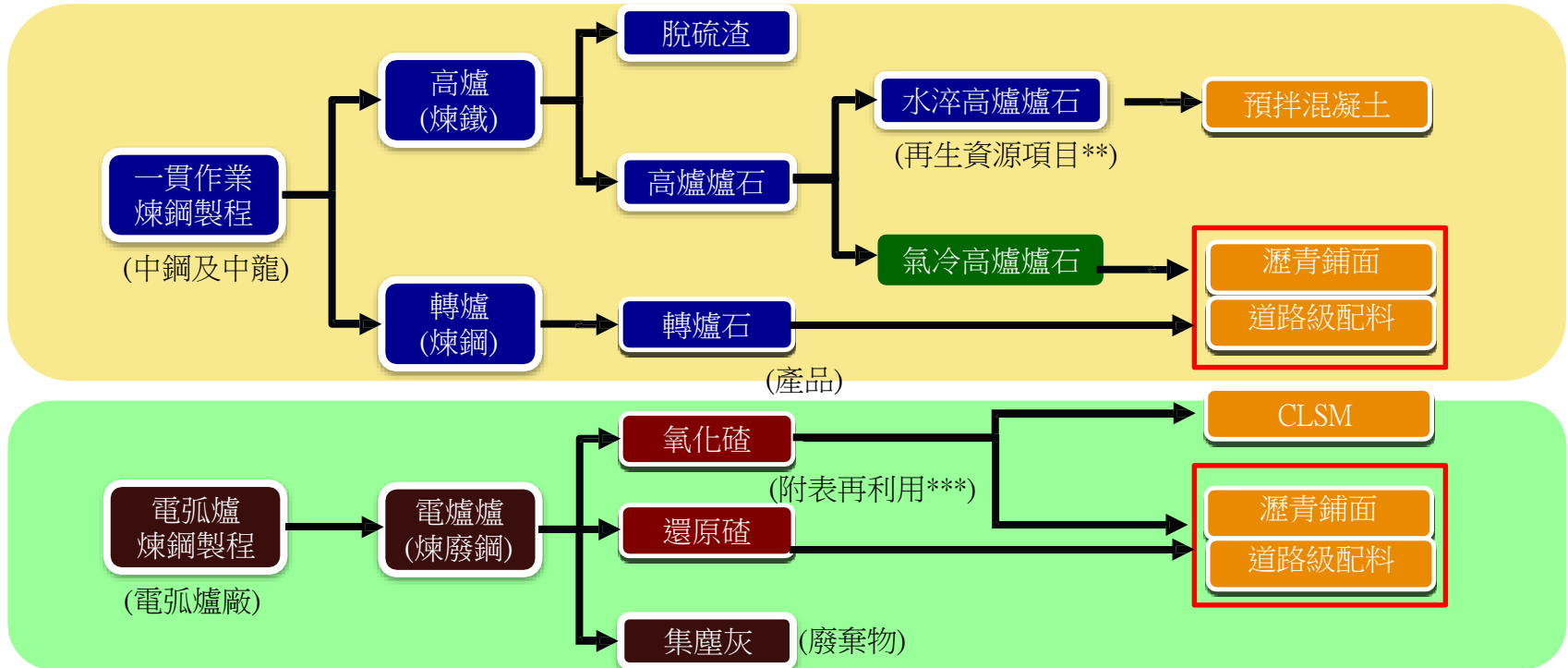
策略

- 從源頭到終端流向管理，一噸都不能少
- 確保品質無虞，循序漸進推動
- 強化宣傳機制，去除污名化
- 建立資源調度平台，協助地方去化

具體做法

- 修訂施工網要規範及使用手冊，適材適所運用
- 用量初估，優先應用於環保爭議小之工程項目
- 彙整國內外優良案例，成功經驗分享
- 推動試辦案例，培養機關辦理能力

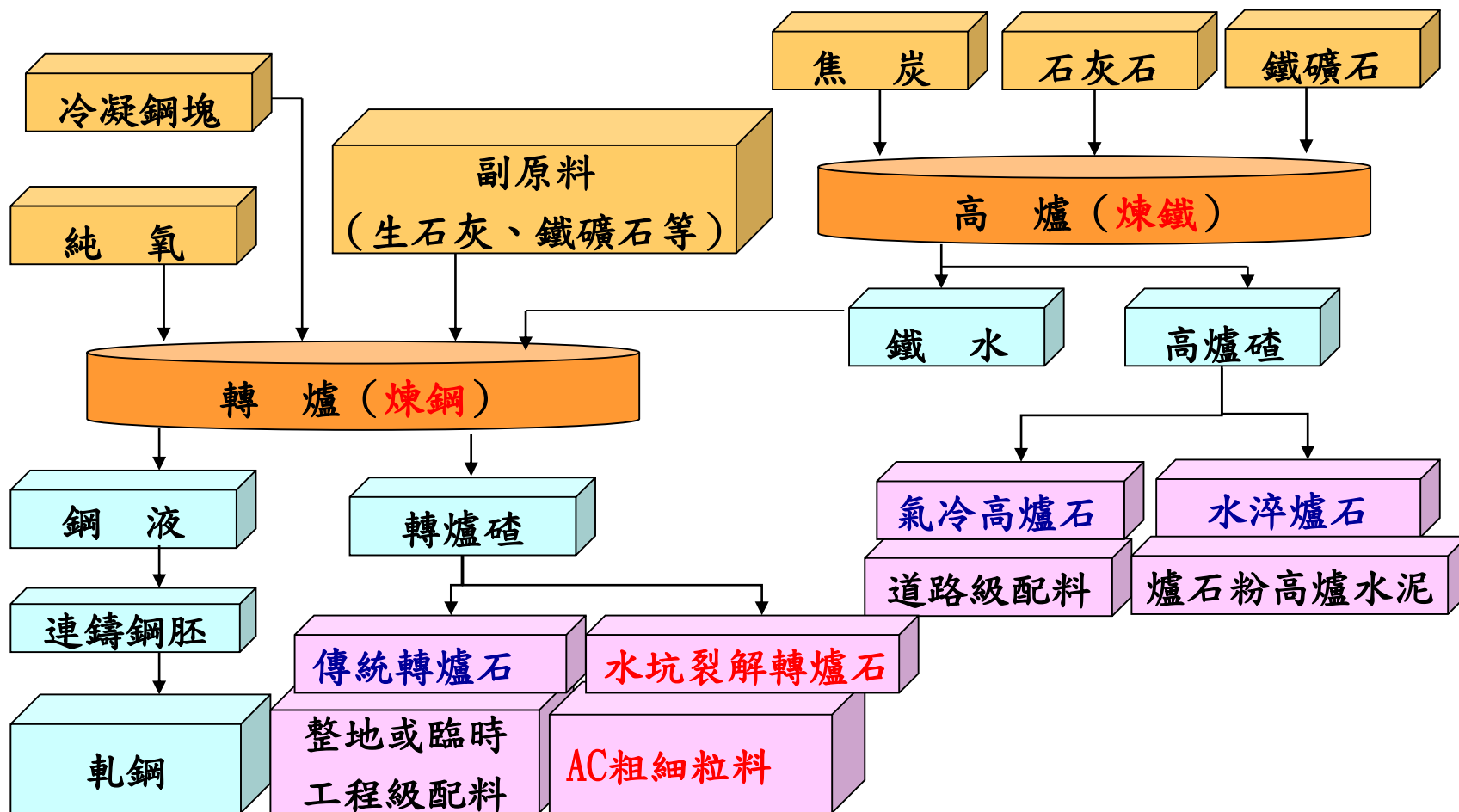
種類繁多，造成機關容易誤用或不合法使用



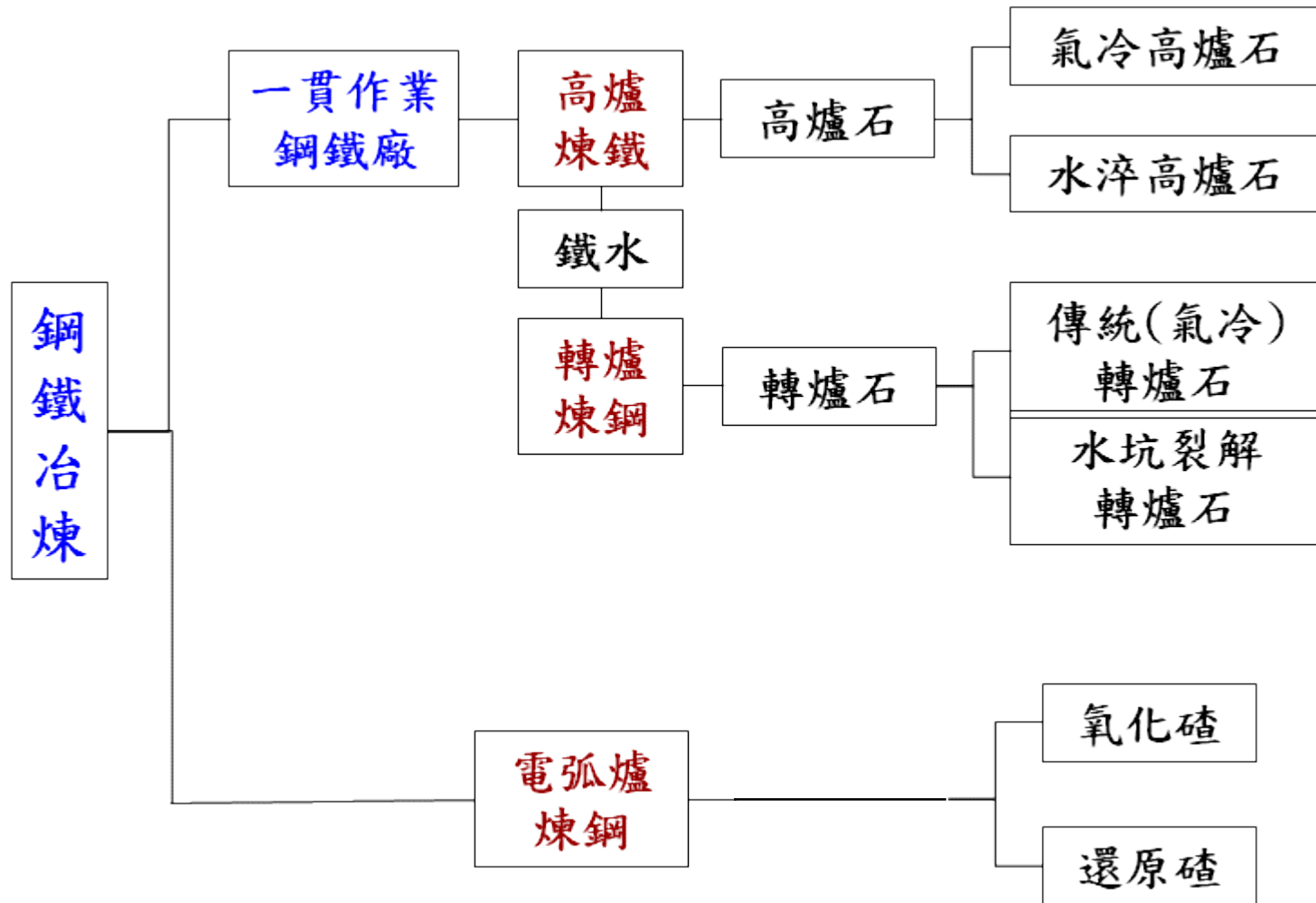
經濟部再生利用之再生資源項目及規範 *經濟部事業廢棄物再利用管理辦法

爐石(碴)簡介(1/8)

一貫作業煉鋼流程

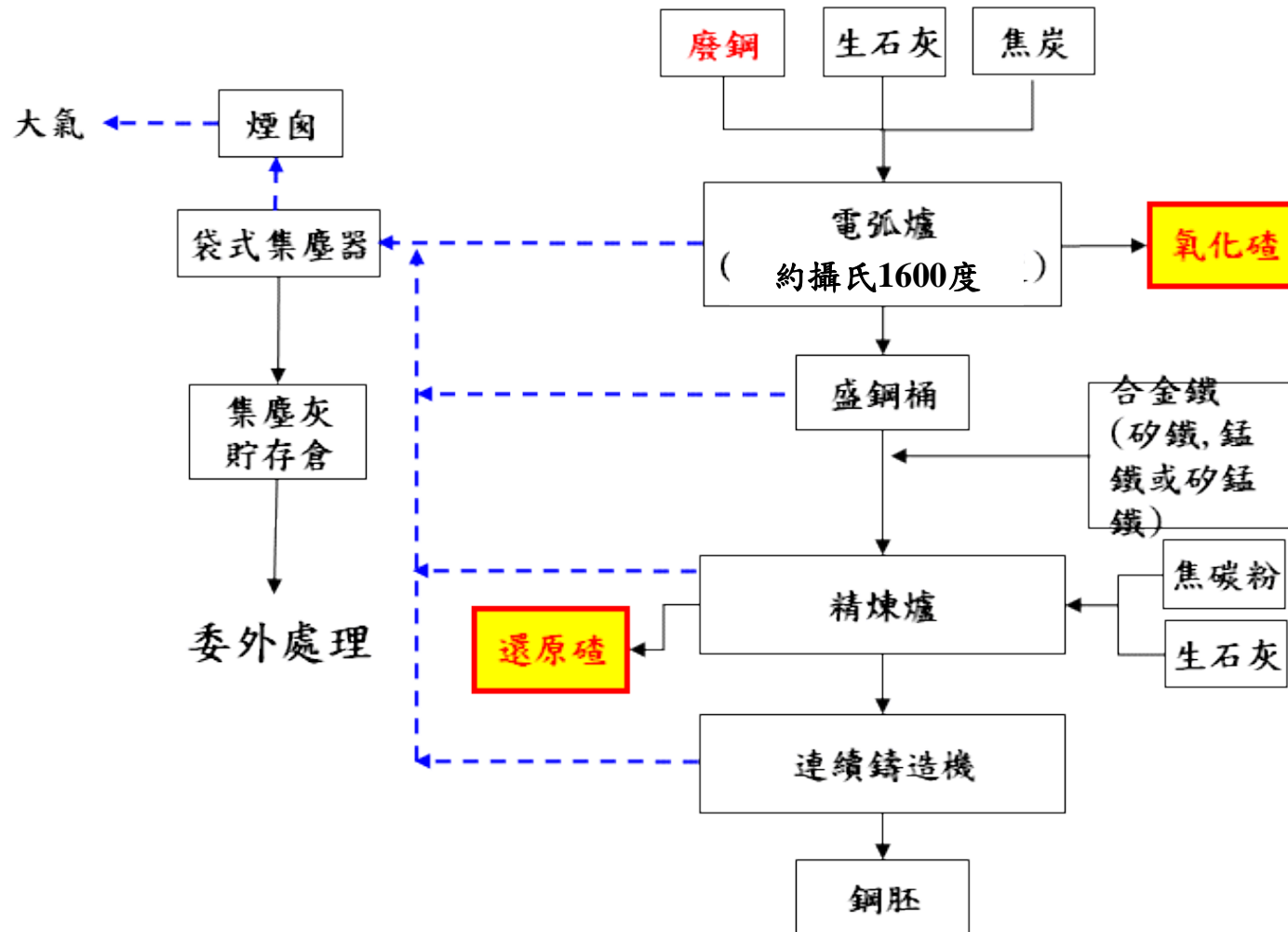


爐石(渣)簡介(2/8)



爐石(碴)簡介(3/8)

電弧爐煉鋼流程



爐石(碴)使用案例

爐石填海造陸 竟變詭異藍海



民視 - 2011年11月16日 下午7:00

相關內容



放大照片

爐石填海造陸 竟變詭異藍海

高雄市南星計劃區遊艇碼頭工程，原本計畫用爐石做為填海材料，最近的高市環保局強調，爐石無虞，但環保團體擔心爐石可能含氟與干，再利用將造成污染，環保署長沈世宏回應，將再檢驗。

一整片海水，呈現特殊的藍，怪異藍湖和一般海水顏色截然不同，會造成這麼特殊景象，全因為填海造陸的地底下，用的是煉鋼爐石。

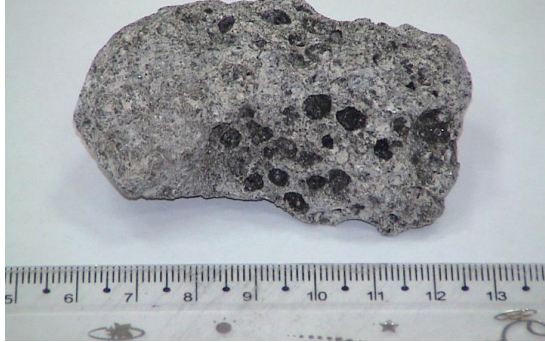
環保局人員拿著寶特瓶，直接從海中取水，可以看到，水因為含碳酸鈣，因此呈現混濁白色，拿到實驗室檢驗，酸鹼值超過12。

藍海海水鹼性偏高，另外也有教授從中檢驗出，銅鎂鋁鈣等多種金屬成分，但濃度很低，



爐石(碴)簡介(4/8)

氣冷高爐碴



水淬高爐碴



轉爐鋼爐碴



電弧爐煉鋼爐碴—冶煉碳鋼

氧化碴A



還原碴A



電弧爐煉鋼爐碴—冶煉不鏽鋼

氧化碴B



還原碴B



爐石(碴)簡介(5/8)

氣冷
高爐碴



爐石(碴)簡介(6/8)

水淬
高爐碴



爐石(碴)簡介(7/8)

轉爐
鋼爐碴



爐石(碴)簡介(8/8)

氧化碴A—
冶煉碳鋼



氧化矽法源依據、規範(1/2)

國家標準

CNS15308 瀝青鋪面混合料用粗粒料

CNS15309 瀝青鋪面混合料用細粒料

CNS15310 瀝青鋪面混合料用鋼爐矽粒料

CNS15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法

環保管制法規

廢棄物清理法

經濟部事業廢棄物再利用管理辦法

氧化矽法源依據、規範(2/2)

施工綱要規範

第02741章瀝青混凝土之一般要求

第02742章瀝青混凝土鋪面

使用手冊

氧化矽應用於瀝青混凝土鋪面使用手冊

轉爐石應用於瀝青混凝土鋪面使用手冊

轉爐石海事工程使用手冊

政府推動循環經濟

配合政府推動「五加二政策」中循環經濟。落實節能減碳及永續公共工程政策，國內事業廢棄物資源再利用於道路工程材料。

由於工程師對於循環經濟物資源再利用材料特性及應用不甚了解，造成許多工程履約之爭議與延宕。經由專業技術之探討讓工程師具備充分之專業常識，此等專業技術之認知與需求日益重要。

產業發展趨勢(1/2)

- 工業之發展為促進國家整體經濟發展所不可或缺
- ✓ 工業生產過程所產生副產物，爐碴、爐石、焚化爐底碴，如不加以利用而為事業廢棄物，將成為環境汙染源。
- ✓ 國內中鋼公司等所年產轉爐石160萬公噸以上，轉爐石歷經試驗具有耐磨、耐久、高硬度及高抗滑等之特性，轉爐石粒料已可應用在道路瀝青混凝土鋪面工程上。
- ✓ 轉爐石不再是事業廢棄物而是資源，亦可作為環保減碳的好材料。所以營建業相關從業營建人員及專業技師具備轉爐石瀝青混凝土相關施工規範、知識技術，除可以提升營建產業效能及競爭力，並有利於促進相關產業永續發展政策及工程品質。

產業發展趨勢(2/2)

鑑於工程單位對電弧爐煉鋼爐碴（石）再利用產品品質缺乏信心而不願採用，致其應用管道受阻，為暢通電弧爐爐碴再利用產品通路，建立使用者信心

- ✓工業局自105年開始推動氧化碴瀝青混凝土鋪面試辦工程。
- ✓以驗證氧化碴粒料替代天然粒料應用於瀝青混凝土鋪面之可行性，拓展氧化碴再利用產品用於公共工程之管道。

事業廢棄物？產品？

- 電弧爐碴之氧化碴、還原碴，為「經濟部事業廢棄物再利用管理辦法」附表所列之事業廢棄物再利用種類

流向追蹤再利用產品範圍

附表：應進行流向追蹤之再利用產品範圍

再利用方式	事業廢棄物	再利用產品或用途
依各中央目的事業主管機關 所定事業廢棄物再利用管理 辦法附表或公告再利用管理 方式	煤灰	一、鋪面工程之基層或底層級配粒料、瀝青混凝土粒料、級配。 二、直接再利用於工程填地材料。
	廢鑄砂	一、瀝青混凝土粒料、道路工程粒料。 二、直接再利用於工程填地材料。
	電弧爐煉鋼爐碴(石)	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。
依各中央目的事業主管機關 所定事業廢棄物再利用管理 辦法取得個案、通案或試驗 計畫許可再利用方式	許可再利用之事業廢棄物	填海或填築土地

再利用用途(1/2)

(一)氧化碴（石）：

- ✓ 水泥原料、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，
- ✓ 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。

再利用用途(2/2)

(二)還原碴(石)：

- ✓ 水泥原料、瀝青混凝土粒料原料、瀝青混凝土原料、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，
- ✓ 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。



運作管理

再利用機構應符合下列規定：

- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 原料、物料、半製品及成品之儲存場所，應適當隔離。

氧化碴再利用規定(1/2)

- ✓ 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、鋪面工程之基層或底層級配粒料原料及紐澤西護欄原料用途者
- ✓ 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檢測一次經檢測7天膨脹量除再利用於紐澤西護欄原料用途者應未超過**0.05%**外，其他再利用用途未超過**0.5%**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。

氧化碴再利用規定(2/2)

- ✓ 再利用機構依前目契約書屬安定化處理執行單位者，須具備高壓蒸氣處理設備，其應能維持爐內壓力至少在20.1 kgf/cm²且持續三小時。
- ✓ 氧化碴（石）經安定化處理後，應至少每月委託檢測機構採樣，並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。

永續公共工程

經濟發展

社會公義

還原碴再利用規定(1/3)

- ✓ 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，且為高壓蒸氣處理設備者，其應能維持爐內壓力至少在20.1 kgf/cm²且持續三小時。
- ✓ 還原碴（石）經高壓蒸氣處理以外之安定化處理後，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除再利用於紐澤西護欄原料用途者應未超過0.05%外，其他再利用用途未超過0.5%者，始得進行再利用。

還原碴再利用規定(2/3)

- ✓ 還原碴（石）經高壓蒸氣處理後，應至少每月委託檢測機構採樣，並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。
- ✓ 膨脹量檢測之採樣，再利用機構應於採樣前十日以書面方式通知當地環保主管機關及經濟部。採樣通知應包括採樣時間、地點、採樣單位及檢測單位。變更採樣時間及地點未於十日前通知者，其檢測結果不予採信。

還原碴再利用規定(3/3)

- ✓ 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
- ✓ 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。
- ✓ 再利用機構應於每年一月、四月、七月及十月前，將上一季膨脹量檢測報告提報當地環保主管機關及經濟部。
- ✓ 氧化碴（石）經破碎、磁選及篩分等處理之產出物，其膨脹量檢測頻率為每半年至少檢測一次者，得於每年一月及七月前，將前半年檢測報告提報當地環保主管機關及經濟部。

再利用用途之產品應符合下列規定(1/2)

- ✓ 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。
- ✓ 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。
- ✓ 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。

再利用用途之產品應符合下列規定(2/2)

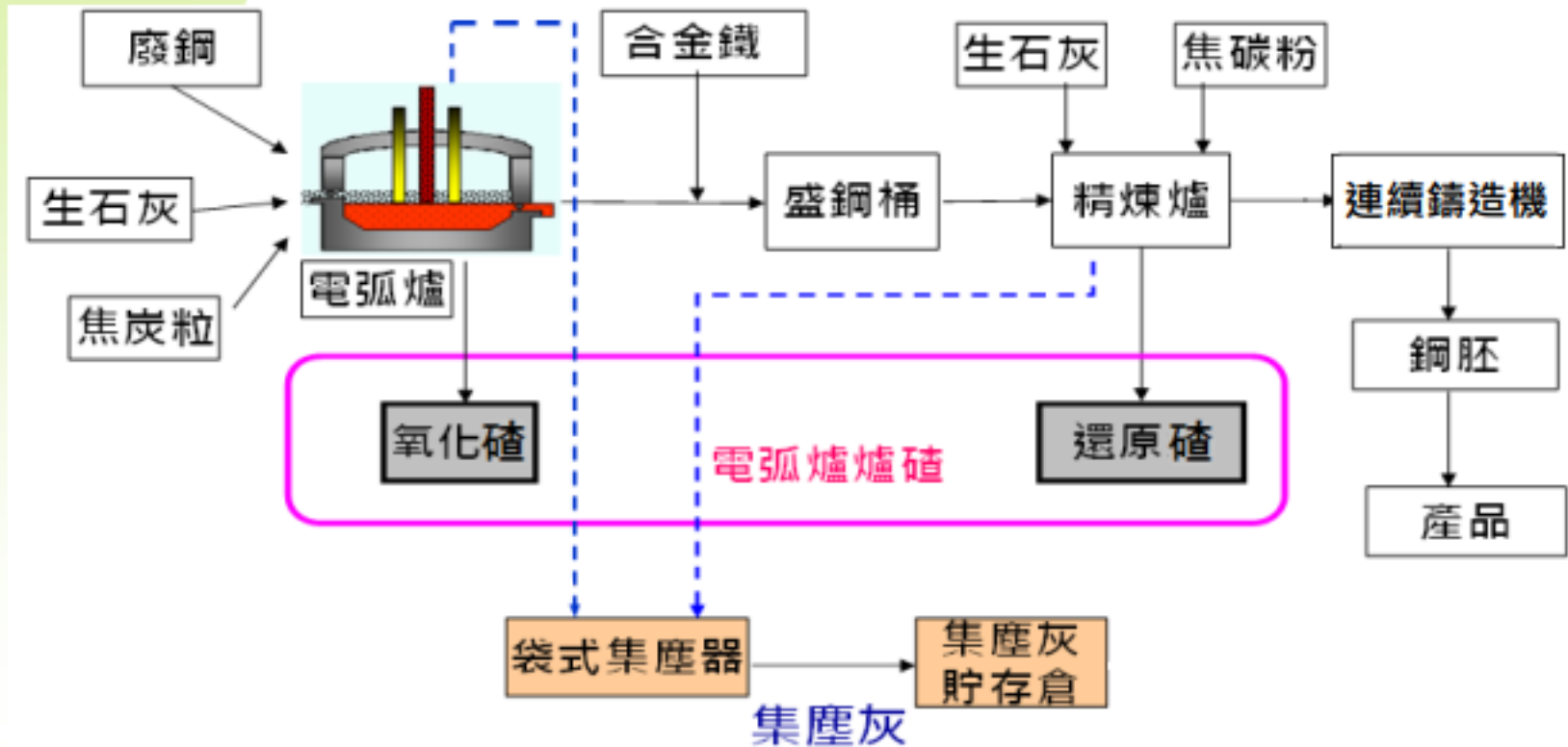
- ✓ 再利用產品除水泥外，至少每月應由經簽署國際實驗室認證聯盟相互承認協議之認證機構所認證之實驗室檢測一次產品品質。但品質規範項目屬現地試驗者，不受本文檢測實驗室資格之限制。
- ✓ 再利用機構應於每年一月、四月、七月及十月前將上一季再利用產品檢測報告，併同工程採購契約書提報當地環保主管機關及經濟部。但再利用產品以該項產品之國家標準或公共工程施工綱要規範為品質規範者，得免附工程採購契約書。

氧化碓鋪面工程之基層或底層級配粒料使用規定

- (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水利法劃定之自來水水質水量保護區範圍內。
- (3)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、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。
- (4)粒徑小於九．五公厘者，應先以其他工程材料隔離。
- (5)鋪面工程之底層施工完成後六個月內，應完成面層施作。

電弧爐煉鋼氧化渣(1/5)

❖ 氧化渣來源



電弧爐煉鋼氧化渣(2/5)

❖ 氧化渣的產生



電弧爐煉鋼氧化渣(3/5)

❖ 氧化渣物理特性分析

物理特性



外觀

呈現黑色，以塊狀顆粒為主，次為粗顆粒，粉末狀之顆粒僅占少數，其粒型凹凸有菱角且表面粗糙多孔，孔隙結構複雜。

比重

氧化渣金屬成分含量較高，比重介於2.5~3.7之間，平均值為3.1，相較於一般天然砂石粒料之比重2.5~2.7為高。

吸水率

氧化渣多孔隙，吸水率約1.5~6.8%之間，平均值為3.6，相較天然砂石粒料之吸水率1.5~3.5%為高。

吸油率

氧化渣吸油率較天然粒料略高。

耐磨性

氧化渣耐磨性較天然砂佳。

優質瀝青混凝土再生材料



電弧爐煉鋼氧化渣(4/5)

❖ 氧化渣化學特性分析



碳鋼廠氧化渣主要化學成分：

氧化鐵、氧化鈣、二氧化矽、三氧化鋁、
氧化鎂及氧化錳

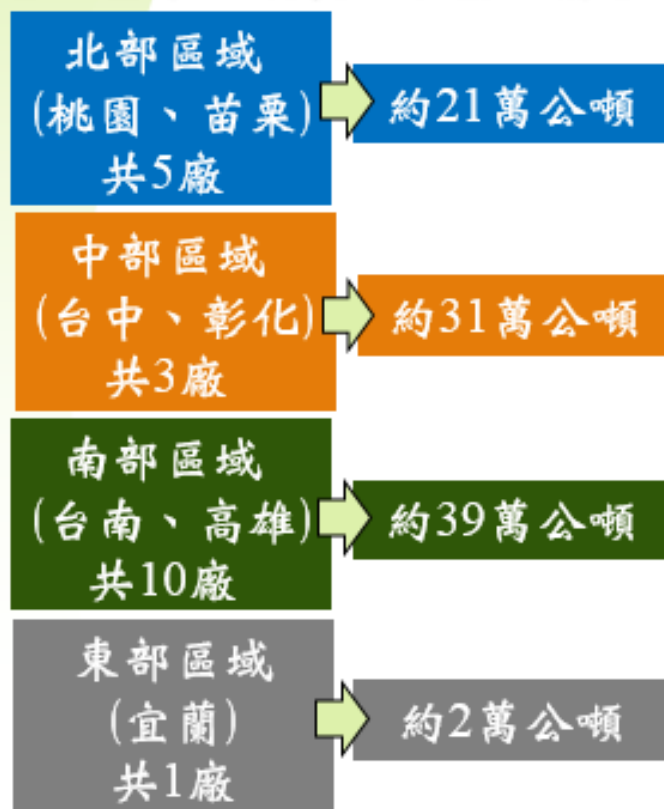
成分	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	S	MnO	SO ₃	Free-CaO
含量 (%)	13.81 ~ 20.43	23.39 ~ 37.44	2.69 ~ 11.27	20.1 ~ 38.19	1.89 ~ 9.98	0.05 ~ 0.08	1.29 ~ 3.26	0 ~ 0.16	0 ~ 0.16

資料來源：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試行使用手冊

電弧爐煉鋼氧化渣(5/5)

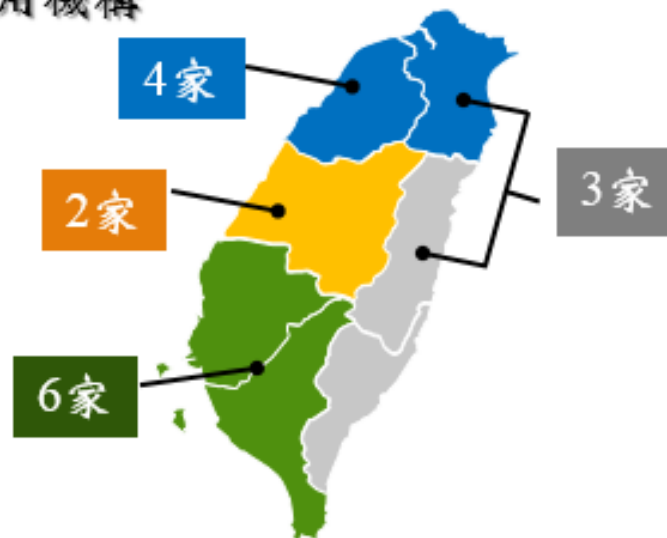
❖ 國內氧化渣產生及再利用機構分布情形

電弧爐煉鋼廠氧化渣產生情形



✓ 106年19廠煉鋼廠氧化渣產生量約**93萬**公噸

再利用機構



- ✓ 目前取得氧化渣再利用檢核之機構合計**15家**，每月最大再利用量**211,104公噸**
- 有**10家**再利用機構再利用用途包含瀝青
- ✓ 混凝土粒料

再利用者檢核資料可至資源再利用管理系統
<https://rms.epa.gov.tw/RMS/> 查詢

電弧爐煉鋼爐渣再利用管理



【業者自主管理】

- 煉鋼廠：爐渣(石)特性管理+處置報告
- 再利用機構：再利用物料特性管理+產品品質管理



【第三方驗證】

- 公信力第三方TAF認證
- 廢棄物安定性
- 產品品質檢驗



【政府管制】

- 不定期抽驗
- 產品流向勾稽與追蹤
- 徹底查核+追蹤改善
- 嚴懲不法

電弧爐煉鋼爐渣再利用相關法令規範(1/4)

❖ 公共工程施工網要規範(1)

✓ 第02742章 V10.0 瀝青混凝土鋪面

再利用產品	項目	試驗方法	要求
瀝青混凝土粒料	磨損率	CNS 490	• 粗粒料：用於底層、聯結層及整平層者不得大於[50%][] 用於磨耗層者不得大於[35%][]及面層者不得大於[40%][]
	健度	CNS 1167	• 粗粒料：硫酸鈉溶液之方法其重量損失不得大於12%；硫酸鎂溶液之方法其重量損失不得大於18% • 細粒料：硫酸鈉健度試驗結果其重量損失不得大於15%
		AASHTO T104	

電弧爐煉鋼爐渣再利用相關法令規範(2/4)

❖ 公共工程施工綱要規範(2)

✓ 第02742章 V10.0 瀝青混凝土鋪面

➤ 再生粒料使用鋼爐渣時，應符合**CNS 15310之品質要求**

項目	品質檢驗項目	試驗方法	規範標準
細粒料	級配	CNS 486粗細粒料篩析法 CNS 491 粒料內小於試驗篩75 μ m CNS 386 材料含量試驗法(水洗法)	CNS15309 細粒料級配規定
	塑性指數	CNS 5088 土壤液性限度試驗、塑性限度試驗與塑性指數決定法	≤ 4
	健度	CNS 1167使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法	<15.0%(硫酸鈉法) <20.0%(硫酸鎂法)

電弧爐煉鋼爐渣再利用相關法令規範(3/4)

❖ 公共工程施工網要規範(3)

項目	品質檢驗項目	試驗方法	規範標準
粗粒料	級配	CNS 486粗細粒料篩析法 CNS 491 粒料內小於試驗篩75 μ m CNS 386 材料含量試驗法(水洗法)	CNS15314之尺度規定
	粒料中軋碎顆粒	CNS 15312粗粒料中破碎顆粒含量試驗法	停留在4.75mm試驗篩具有至少1個破碎面，且質量百分比 $\geq 40\%$
	磨損率	CNS 490粗粒料(37.5mm以下)洛杉磯磨損試驗法 CNS 3408粗粒料(粒徑19mm以上)磨損試驗法	面層使用 $<40\%$ 底層使用 $<50\%$
	健度	CNS 1167使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法	$<12.0\%$ (硫酸鈉法) $<18.0\%$ (硫酸鎂法)

電弧爐煉鋼爐渣再利用相關法令規範(4/4)

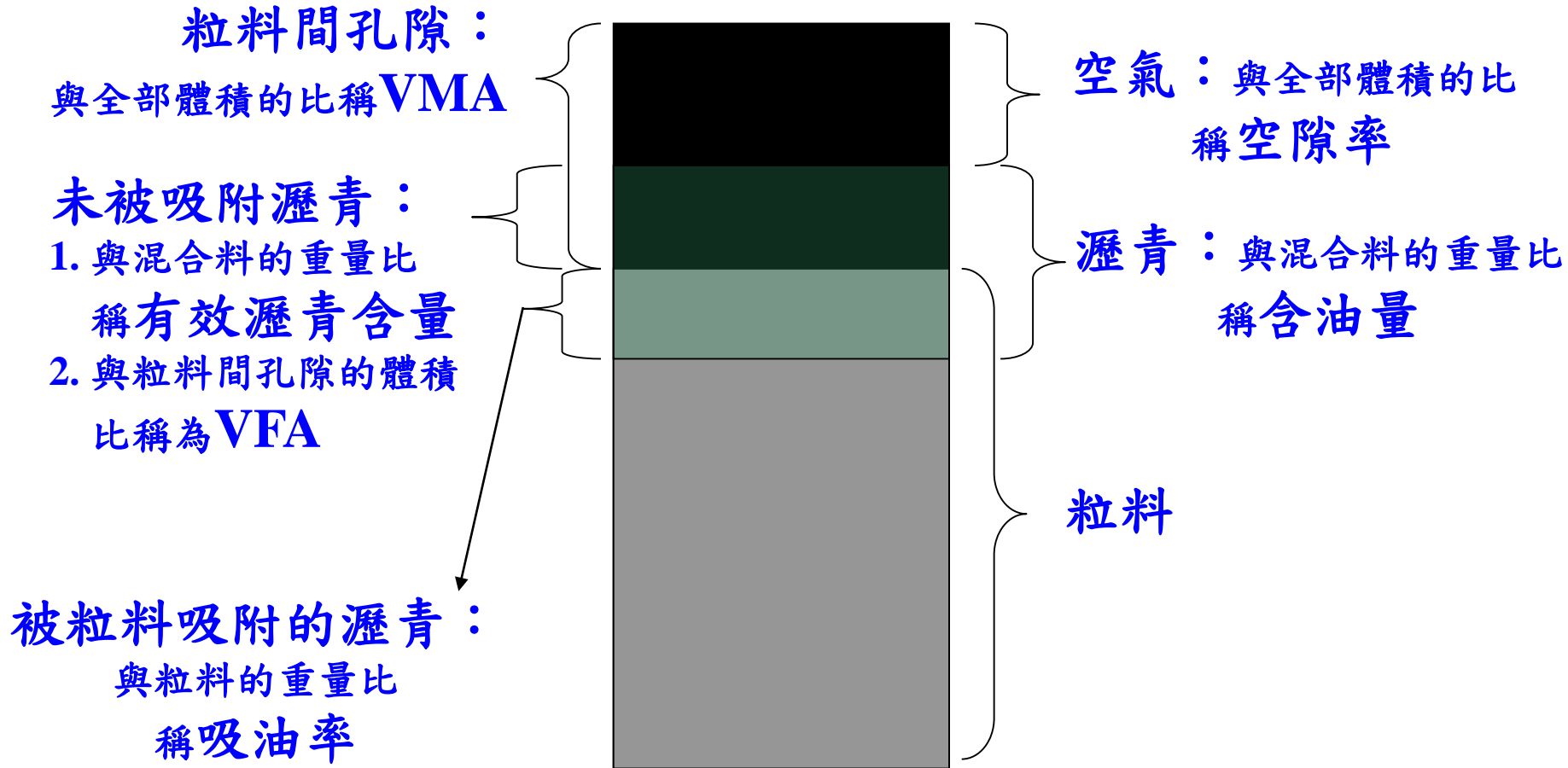
❖ 公共工程施工網要規範(4)

✓ 第02742章V10.0 瀝青混凝土鋪面配合設計項目

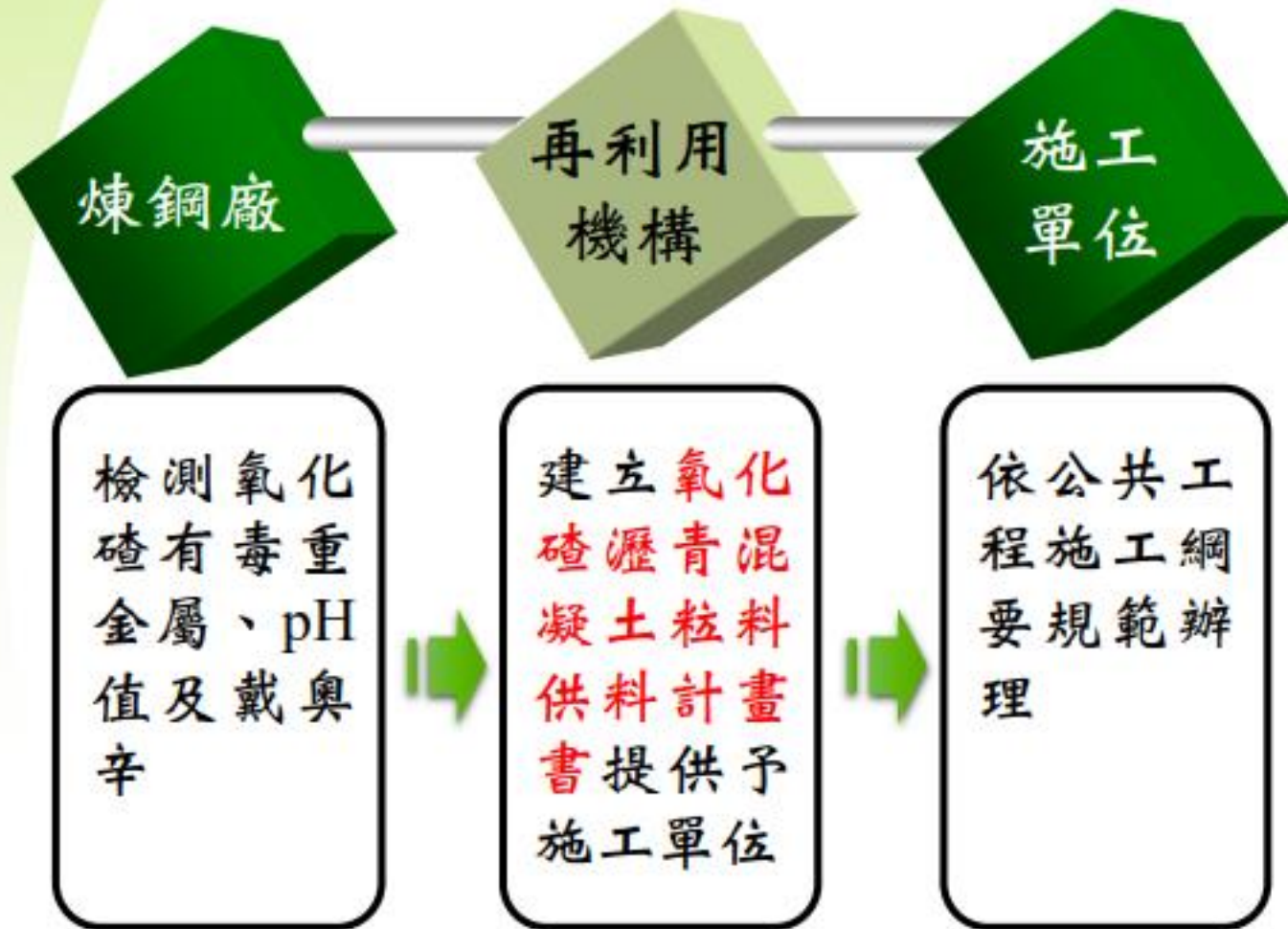
馬歇爾配合設計規範值	打擊次數	75
	穩定值 (kgf)	≥ 817
	流度 (0.25mm)	8~14
	孔隙率 (%)	3~5
	粒料間空隙率 (VMA, %)	≥ 12
	瀝青填充率 (VFA, %)	65~75

瀝青混凝土混合料之瀝青含量，以不超過經夯壓試驗所得最大單位重時之瀝青含量值範圍之 $[\pm 10\%]$ 為宜。

瀝青混凝土的組成



氧化碴品質管控



氧化矽瀝青混凝土供料計畫書

項目	內容
一、氧化矽來源及製程 (產源事業)	1. 氧化矽原料來源及製程 2. 有毒重金屬、pH值及戴奧辛檢測
二、品質管制措施 (再利用機構)	1. 品管作業程序 2. 允收管制及退運程序 3. 氧化矽再利用生產製程流程 4. 有毒重金屬、pH值及戴奧辛檢測 5. 膨脹量檢測 6. 輻射量檢測 7. 瀝青混凝土粒料產品品質檢測
三、相關佐證資料	1. 工廠登記 2. 營業登記 3. 再利用登記檢核證明文件 4. 相關檢測報告

有害特性檢測

✓ 有毒重金屬、pH值及戴奧辛檢測結果

項目	檢驗方法	檢測值	管制標準	偵測極限
總汞 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R314.12C	ND	<0.2	0.0002
總砷 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R318.12C	ND	<5.0	0.0003
總銅 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R306.13C	ND	<15.0	0.021
總鎳 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R306.13C	ND	<5.0	0.018
總鎘 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R306.13C	ND	<1.0	0.008
總鉛 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R306.13C	ND	<5.0	0.126
六價鉻 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R309.12C	ND	<2.5	0.010
總鉍 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R306.13C	1.31	<100	0.070
總硒 mg/L	NIEA R201.14C NIEA R300.10C	ND	<1.0	0.002
戴奧辛 ng l-TEQ/g	NIEA 801.13B	0.0007	≤0.1	0.0003
pH	NIEA R208.04C	10.71	2-12.5	-

皆遠低於管制標準

氧化渣再利用程序



氧化矽粒料品質管制(再利用機構)

✓ 再利用程序產出物相關檢測

- 膨脹量
- 有毒重金屬、pH值及戴奧辛
- 輻射量



檢測結果符合規定

膨脹量檢測

試樣編號	1	2	3
測微錶之最初讀數(mm)	21.53	28.24	23.41
測微錶之最終讀數(mm)	21.55	28.28	23.45
試體之初的高度(mm)	116.43	116.43	116.43
膨脹百分比(%)	0.02	0.03	0.03
平均膨脹百分比(%)	0.03		

輻射量檢測

試樣編號	核種活度(貝克/公斤)			比活度(AI)	備註
	⁴⁰ K	²³² Th系	²³⁸ U系		
電弧爐煉鋼氧化渣(細粒料)	<100	<10	<13	<0.10	符合綠建材評定原則

戴奧辛檢測

是否 檢 測 可	檢驗項目	檢驗值	檢驗方法	單 位	備 註
*	戴奧辛總濃度	0.001	NIEA M801.11B	ng/g-TCDFe	
*	2,3,7,8-四氯戴奧辛	0.0003	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000236
*	1,2,3,7,8-五氯戴奧辛	0.0018	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000172
*	2,3,4,7,8-五氯戴奧辛	0.0013	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000177
*	1,2,3,4,7,8-六氯戴奧辛	0.0018	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000174
*	1,2,3,6,7,8-六氯戴奧辛	0.0011	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000164
*	2,3,4,6,7,8-六氯戴奧辛	0.0014	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000166
*	1,2,3,4,6,7,8-七氯戴奧辛	0.0004	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000130
*	1,2,3,4,6,7,8-七氯戴奧辛	0.0008	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000113
*	1,2,3,4,7,8,9-七氯戴奧辛	0.0009	NIEA M801.11B	ng/g	MDL=0.000127

pH值/TCLP檢測

是否 檢 測 可	檢驗項目	檢驗值	檢驗方法	單 位	備 註
*	氫離子濃度指數	11.18	NIEA R208.04C	—	20ml蒸餾水,25.0°C
*	萃取液中鉛	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.0009
*	萃取液中鎘	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.00077
*	萃取液中鉻	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.033
*	萃取液中錳	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.033
*	萃取液中銅	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.033
*	萃取液中鋅	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.034
*	萃取液中鈷	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.034
*	萃取液中鉍	ND	NIEA R201.15C NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	MDL=0.033
*	萃取液中鉬	1.15	NIEA R201.15C NIEA R201.15C NIEA R201.15C	mg/L	

氧化矽粒料品質

委由**TAF認證**之實驗室檢測及依「CNS 485 粒料取樣法」採樣



項目	檢測方法	檢測值
級配	CNS 486 及CNS 491	符合CNS15309 級配稱號1 ✓
塑性 指數	CNS 5088	NP ✓
健度	CNS 1167 硫酸鈉法	<10% ✓
膨脹量	CNS 15311	0.02% ✓

氧化矽瀝青混凝土配合設計

配合設計原則與方法同於一般瀝青混凝土

依循美國力青學會AI MS-2「Mix Design Methods for Asphalt Concrete」之馬歇爾方法

試驗項目	規範值	配比設計		
		臨海工業區		林園工業區
		細粒料40%	粗粒料60%	粗粒料60%
建議瀝青含量(%)	—	4.6	4.5	4.5
空隙率(%)	3~5	4.67	4.2	4.2
單位重(g/cm ³)	—	2.53	2.56	2.56
穩定值(kgf)	≥817	1,488.76	1,875	1,875
流度質(0.01 in)	8~14	8.56	8.5	8.5
粒料間空隙率VMA(%)	≥12	13.85	12.6	12.6
飽和度VFA(%)	65~75	66.36	65.5	65.5
建議拌合溫度範圍(°C)	—	167~173	167~173	162~169
建議夯壓溫度範圍(°C)	—	154~159	154~159	150~155

氧化矽瀝青混凝土試拌



1. 氧化矽瀝青混凝土粒料



2. 粒料烘乾 (水分控制)



3. 乾拌合取料



4. 熱斗篩分析

加入
瀝青油料拌合



5. 拌合試驗 (溫度檢測)



6. 拌合試驗 (取料)



7. 馬歇爾試驗

氧化碓瀝青混凝土道路長期成效

監測項目	監測方法
平整度	依據ASTM E 1926-98進行國際糙度指標(IRI)量測。
抗滑	採英式擺錘試驗，求取鋪面之BPN值。
回彈模數	依據ASTM D4123進行回彈模數試驗。
水分敏感性	依據AASHTO T283進行水分敏感性特性試驗。
車轍調查	全路段巡檢，於車轍發生處進行量測。

取樣試體



平坦度監測儀器



抗滑能力監測



車轍調查



鑽心取樣

結論

資源適材適所再利用、工程品質與環境雙贏

公共工程運用再生粒料之優點

- 節省工程經費，確保供料品質
- 運用於合適路段，使用年限較一般鋪面長

將心比心，機關敢用、會用、一定要用

- 產出單位全面參與，確保產品品質
- 修訂施工綱要規範及使用手冊
- 建立資源調度平台
- 成功經驗分享

優先應用環保爭議小之工程項目

- 推動爐碴石試辦案例
- 爐碴石優先運用於瀝青混凝土鋪面



簡報結束
恭請指導

臨海、林園工業區鋪築 不銹鋼氧化碓瀝青混凝土 鋪面試辦工程推動成效

演講人：林登峰 教授
演講日期：107.12.19

Part 1 原道路鋪面破壞評估

PCI鋪面狀況指數

DCP動態圓錐貫入儀

Part 2 配比設計

粒料基本性質

氧化矽瀝青混凝土配比設計

Part 3 瀝青拌合廠試拌

調整含油量

調整拌合時間

Part 4 現地施工過程

基底層改良、氧化矽瀝青混凝土鋪築

瀝青拌合廠品質管控

Part 5 相關不銹鋼氧化矽鋪面追蹤

車轍試驗、抗滑試驗、平坦度試驗

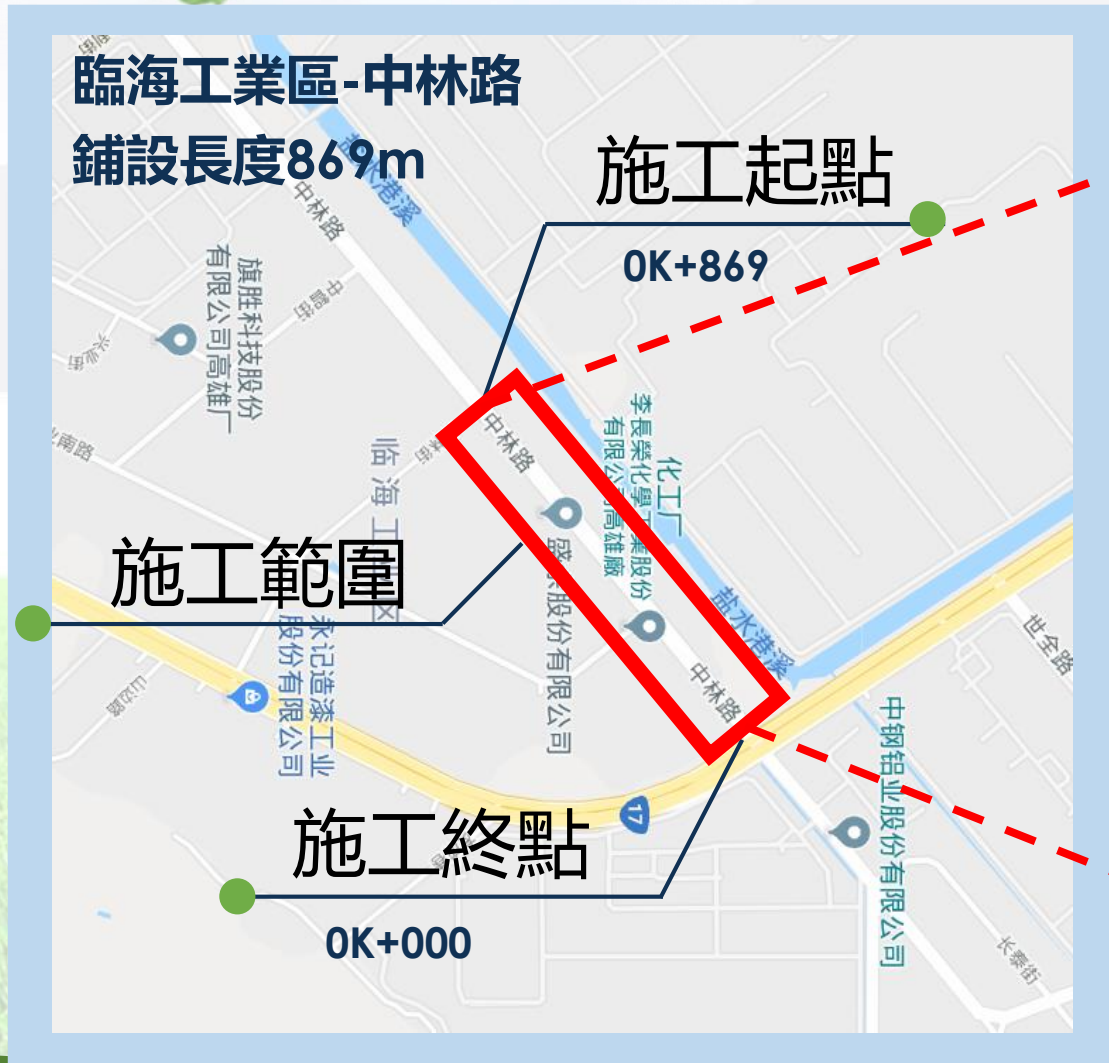
3

Part 1

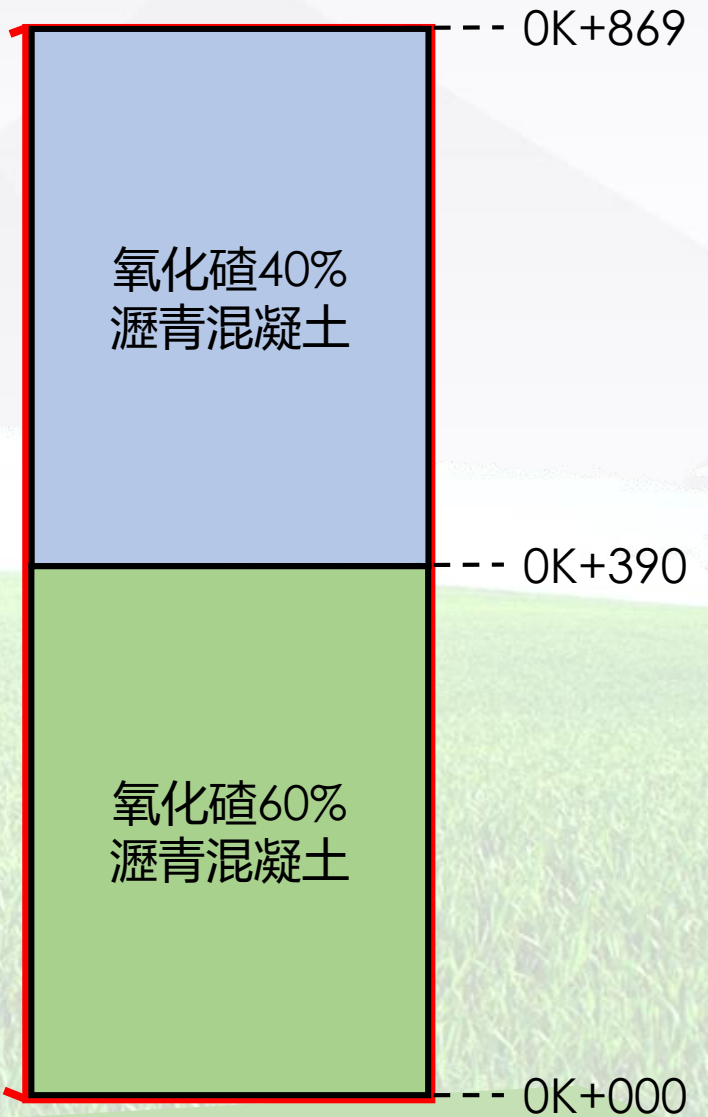
原道路鋪面 損壞評估



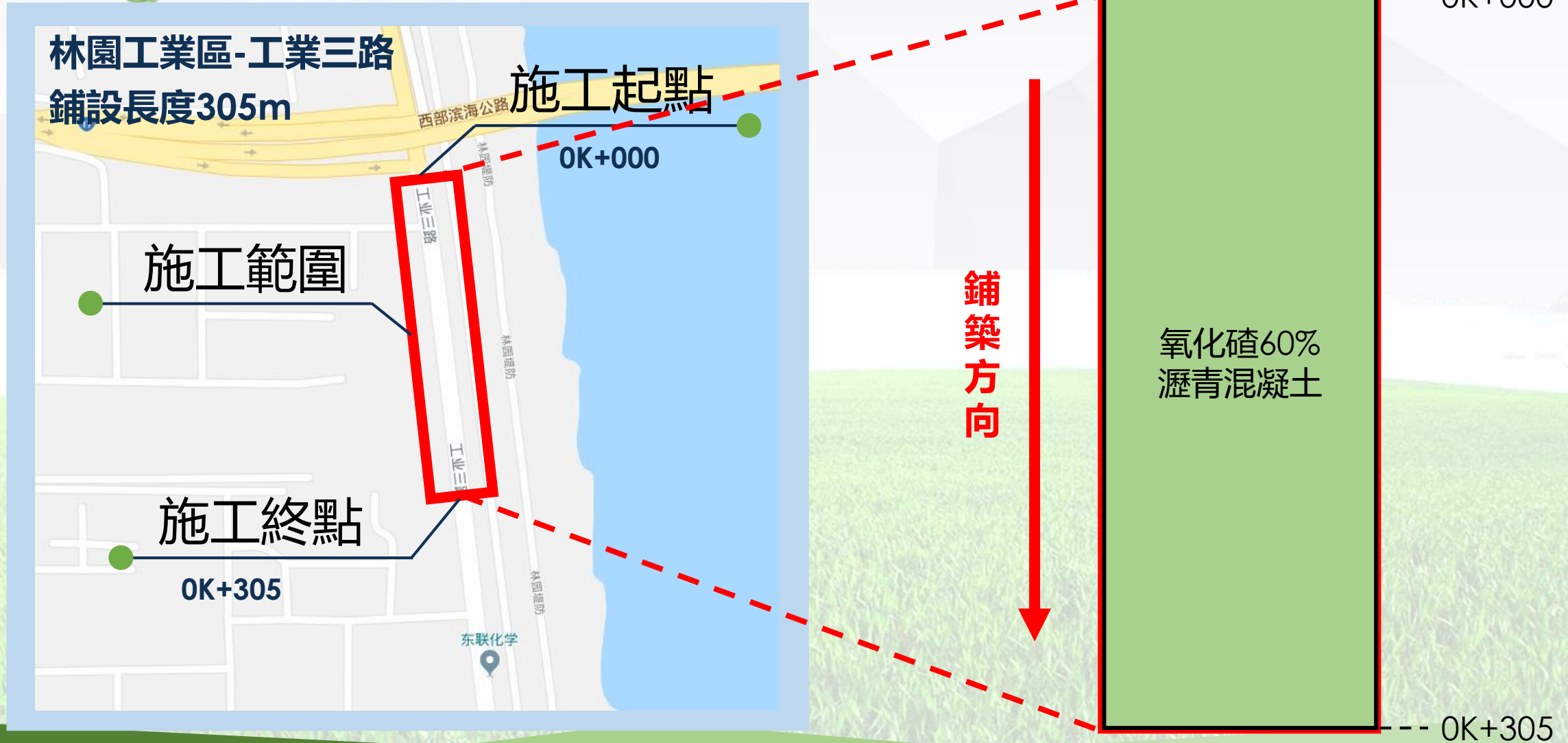
4 鋪設範圍



鋪築方向



5 鋪設範圍



6 交通量情況

臨海工業區



林園工業區

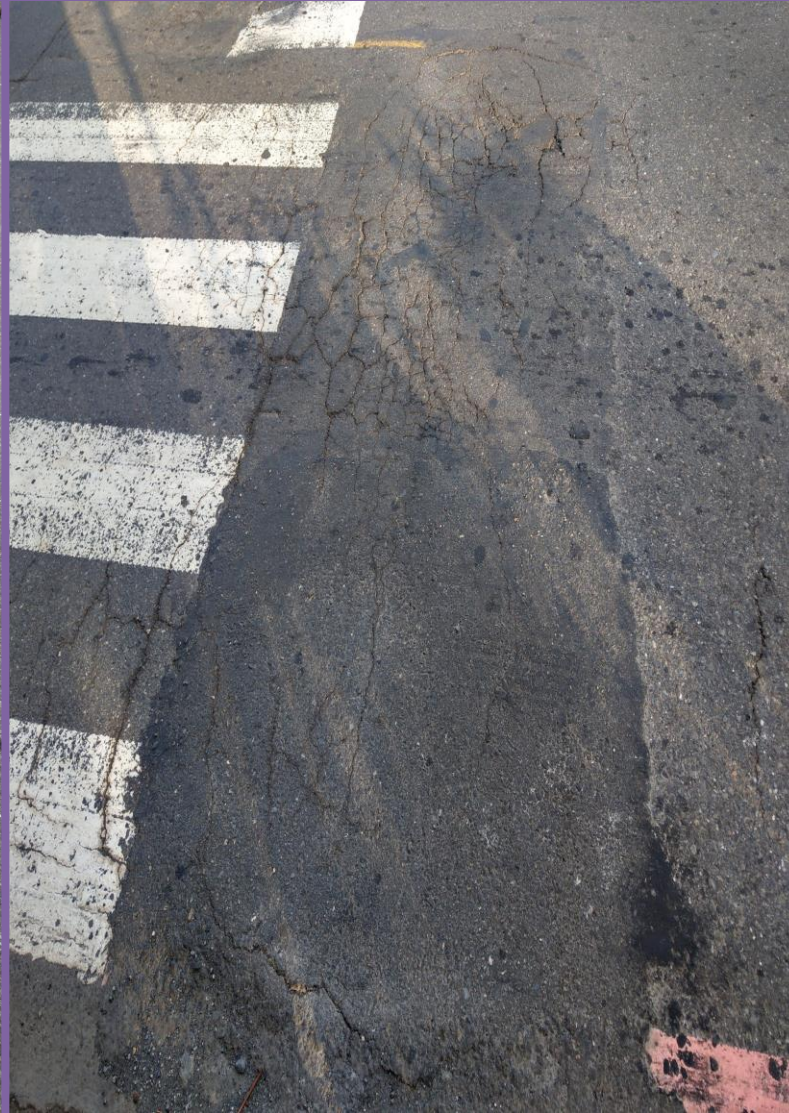


7 原鋪面破壞情況

鱷魚裂縫



補錠修補



鋪面凹陷



8 PCI 鋪面破壞指數

臨海工業區-中林路

路段範圍	PCI值	鋪面狀況等級
0~200m	20	很差
200~400m	27	差
400~600m	25	差
600~800m	25	差
800~1000m	43	尚可
1000~1250m	39	差

林園工業區-工業三路

路段範圍	PCI值	鋪面狀況等級
0~200m	20	很差
200~400m	27	差
400~500m	25	很差

鋪面狀況等級(Rating)

綜合損壞類型、損壞程度、損壞範圍或密度等三方面的定量指標。

10~0
不合格
Failed

25~10
很差
Very poor

40~25
差
Poor

55~40
尚可
Fair

70~55
好
Good

85~70
很好
Very good

85~100
最佳
Excellent

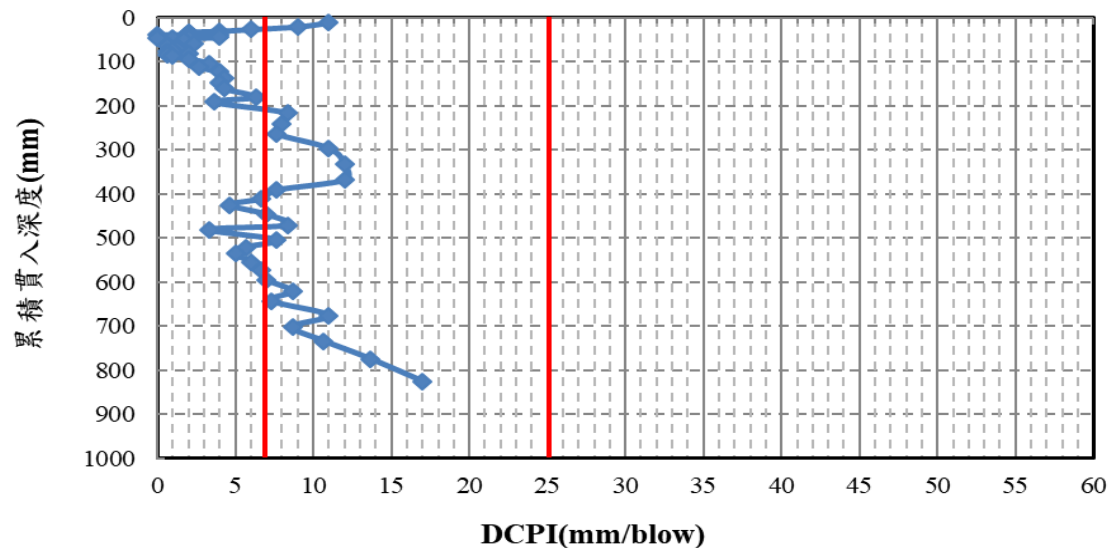
DCP試驗



10 臨海工業區中林路-DCPI折線圖

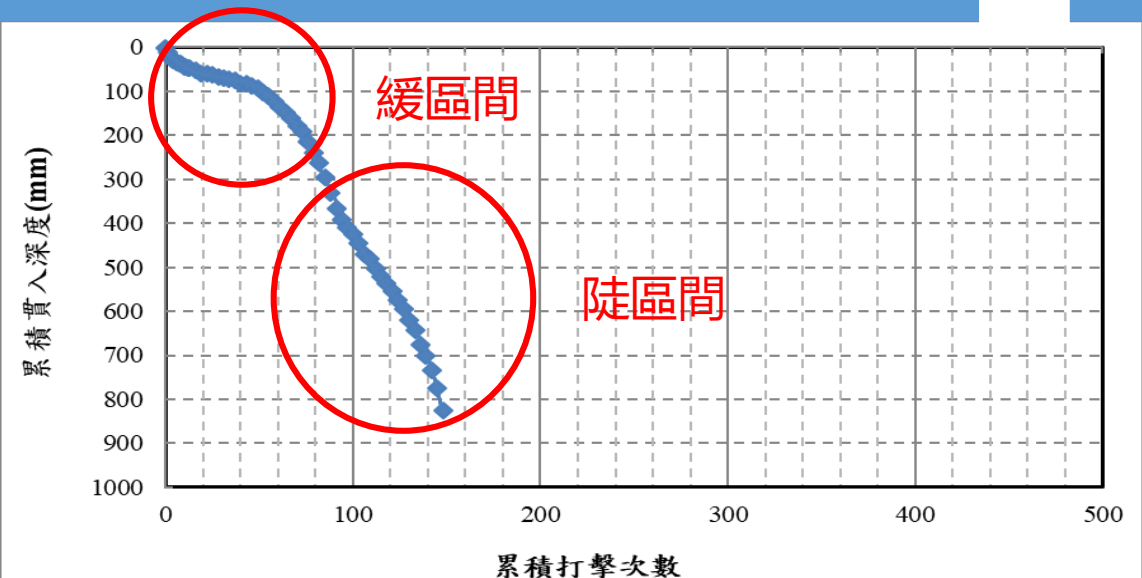
17 mm/blow

DCPI值



累積打擊次數

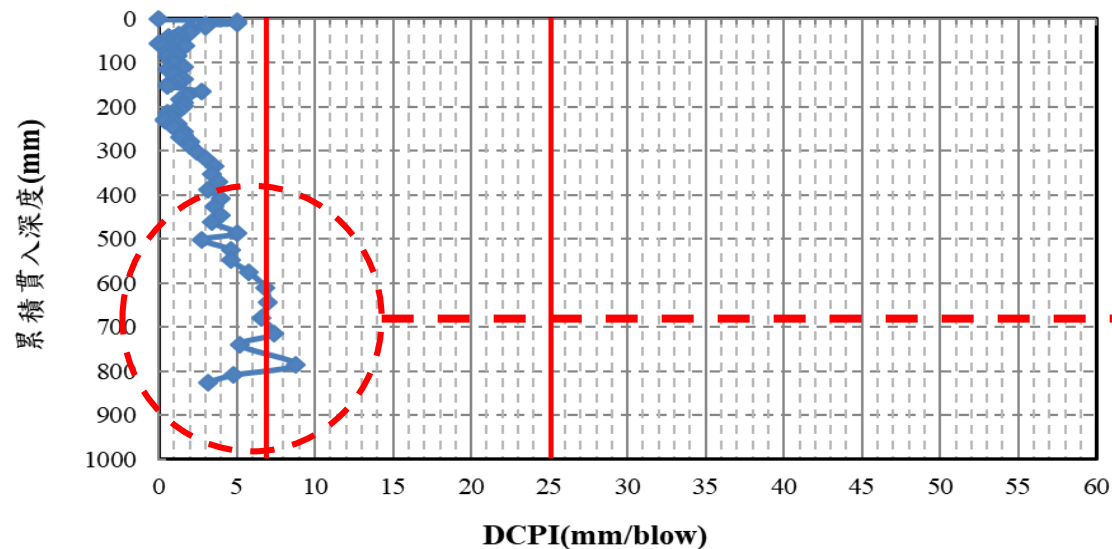
148 blow



11 林園工業區工業三路- DCPI折線圖

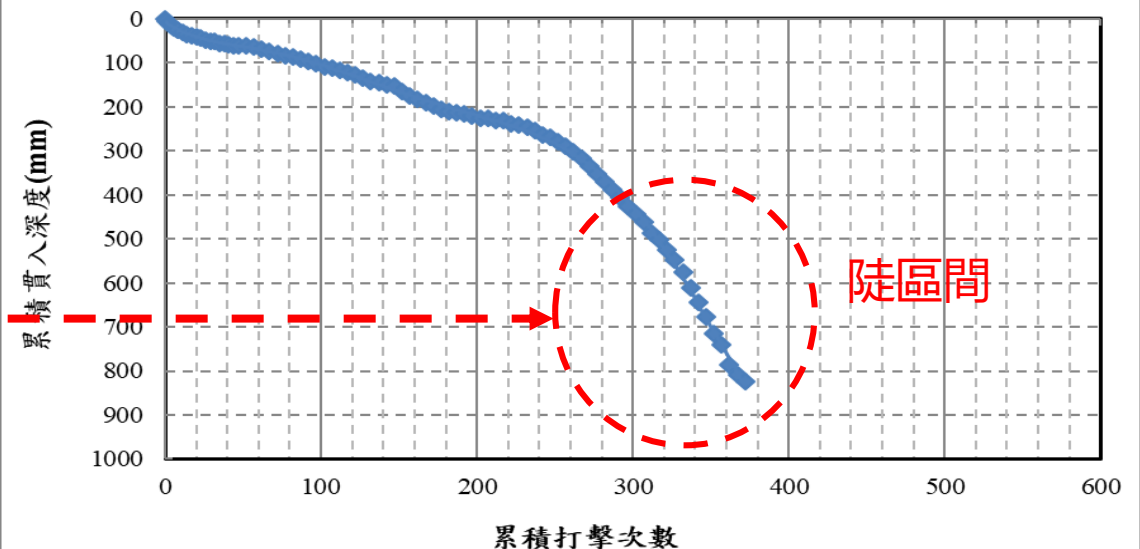
17 mm/blow

DCPI值



累積打擊次數

372 blow



12

Part 2

配比設計



13 粒料基本性質

	天然料 六分石	氧化矽 六分石	天然料 三分石	氧化矽 三分石	天然料 二分石	天然料 碎石砂	氧化矽 碎石砂	規範值
視比重	2.7	3.14	2.69	3.17	2.71	2.73	3.35	-
吸水率, %	1.11	1.79	1.57	2.88	2.8	2.21	1.99	<10
磨損率, %	12.35	23.65	-	-	-	-	-	≤40
破碎率, %	78.3	87.6	73.4	86.4	-	-	-	≥75
含砂當量, %	-	-	-	-	-	86.43	90.88	≥50
扁平率, %	0.8	0.4	1.1	0.3	-	-	-	≤10
細長率, %	0.2	0.0	0.4	0.0	-	-	-	≤10

健性試驗, %							
篩號	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#16	#30	#50
天然料	2.7	3.14	2.69	3.17	2.71	2.73	3.35
氧化矽	1.11	1.79	1.57	2.88	2.8	2.21	1.99
規範值	≤15				≤12		

華新麗華股份有限公司

不銹鋼氧化矽六分石、
不銹鋼氧化矽三分石

唐榮鐵工廠股份有限公司

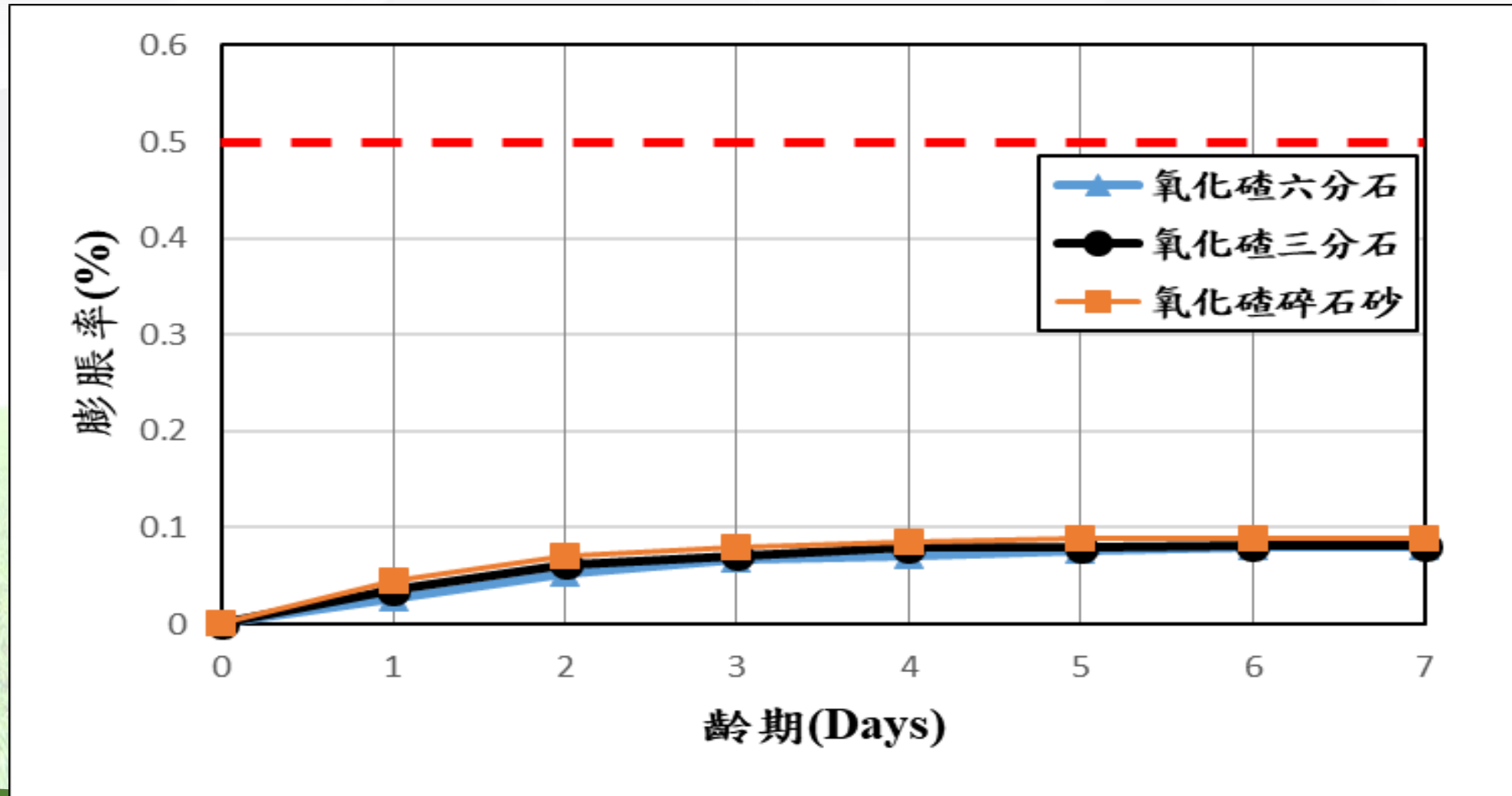
不銹鋼氧化矽碎石砂

14 粒料篩分析

篩號	孔徑 , mm	天然料 六分石 %	氧化矽 六分石 %	天然料 三分石 %	氧化矽 三分石 %	天然料 二分石 %	天然料 碎石砂 %	氧化矽 碎石砂 %	填縫料 %
1"	25	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.5	72.0	94.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.5	1.1	17.8	80.6	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0
#4	4.75	0.1	6.9	44.4	53.0	99.9	100.0	100.0	100.0
#8	2.36	0.1	0.9	4.0	22.6	70.6	95.3	100.0	100.0
#16	1.18	0.1	0.7	2.0	14.5	7.6	76.2	100.0	100.0
#30	0.6	0.1	0.7	2.0	11.5	1.8	56.2	85.0	100.0
#50	0.3	0.1	0.7	2.0	8.5	1.5	35.5	45.2	99.7
#100	0.15	0.1	0.7	2.0	4.5	1.4	14.4	16.2	98.6
#200	0.075	0.1	0.7	2.0	0.8	1.2	3.8	5.1	53.1

15 膨脹率試驗

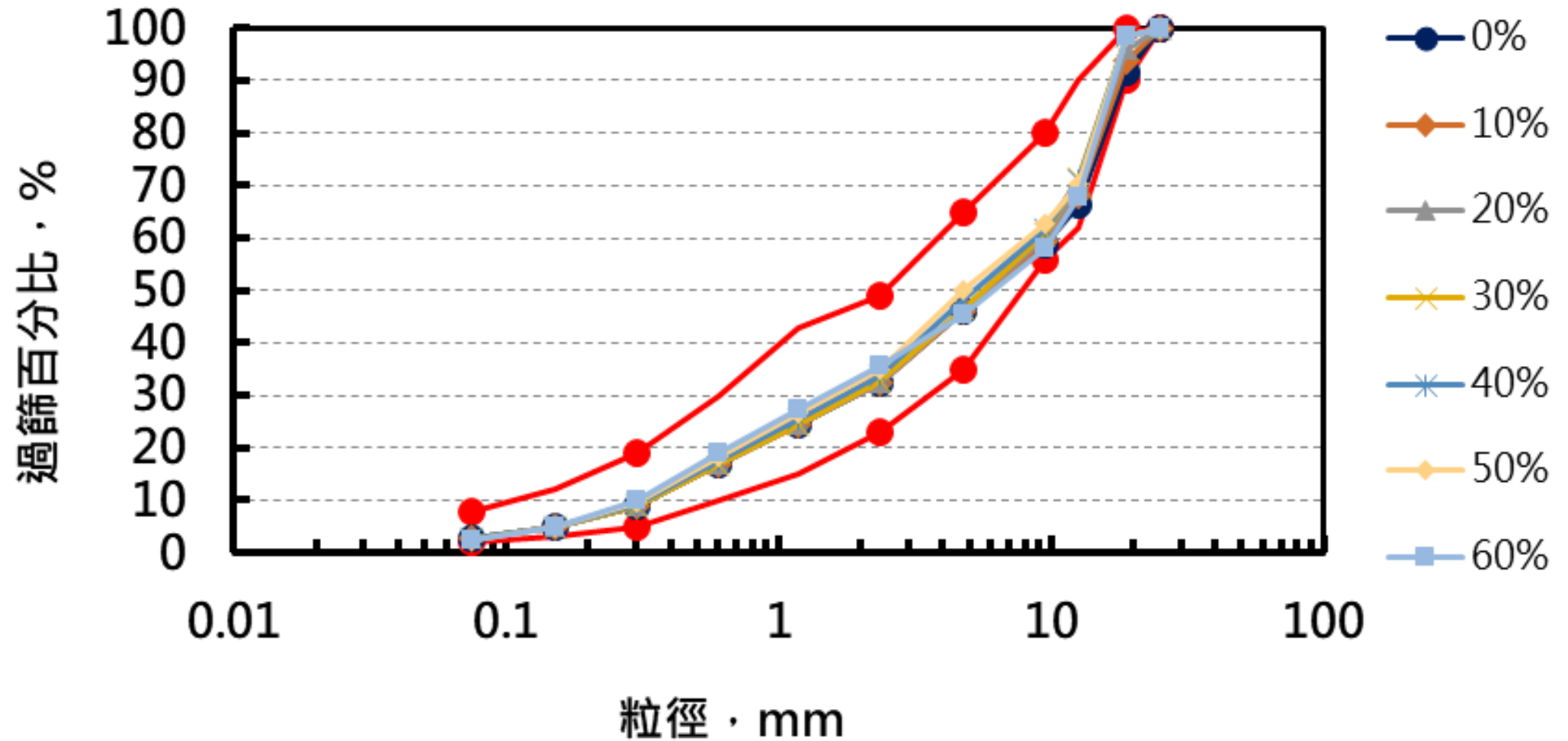
膨脹率 $<0.5\%$



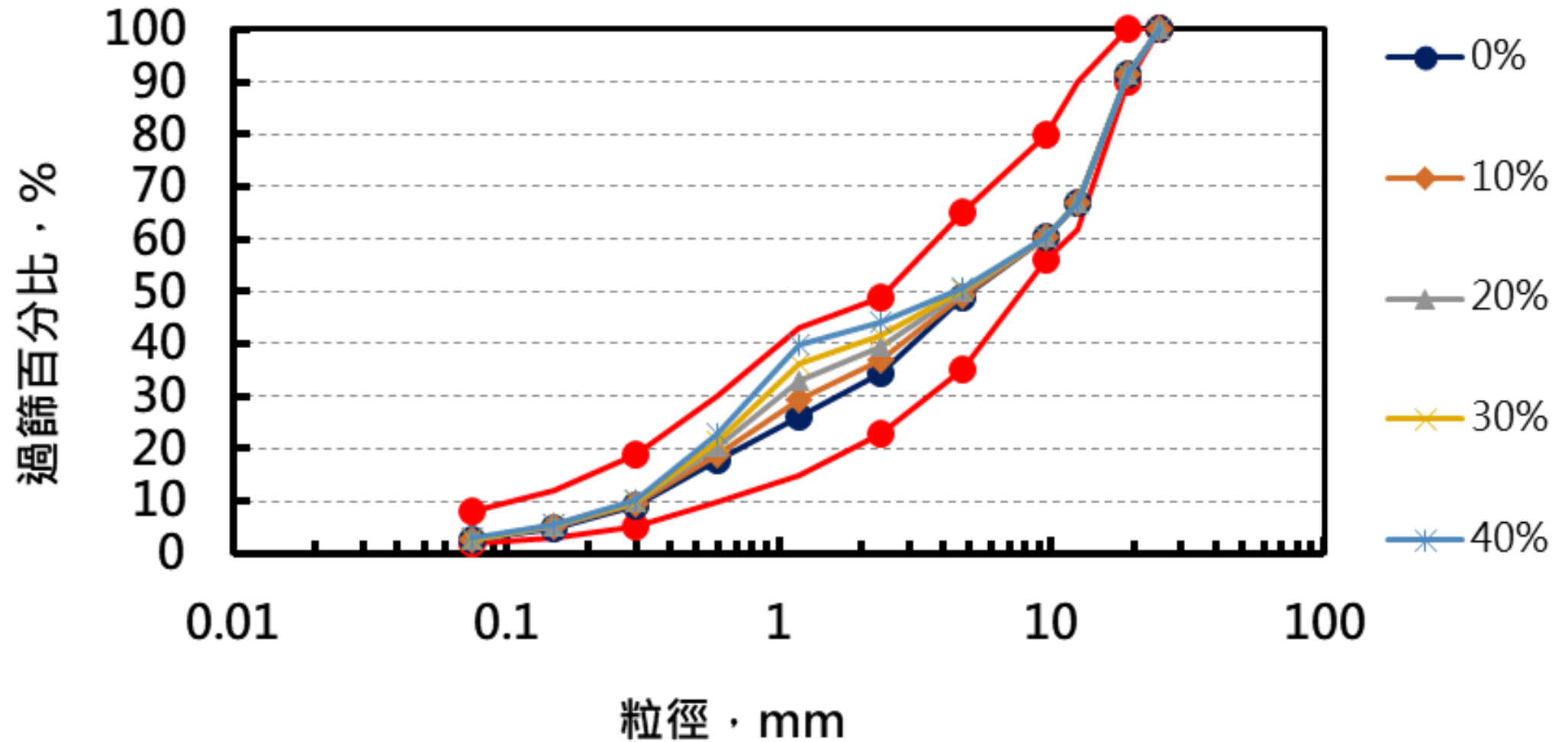
16 配比設計使用級配

	取代量	天然料 粗粒料 %	氧化矽 粗粒料 %	天然料 細粒料 %	氧化矽 細粒料 %	填縫料 %
氧化矽 粗粒料 60%	0%	60	0	37	0	3
	10%	50	10	37	0	3
	20%	40	20	37	0	3
	30%	30	30	37	0	3
	40%	20	40	37	0	3
	50%	10	50	37	0	3
	60%	0	60	37	0	3
氧化矽 細粒料 40%	0%	57	0	40	0	3
	10%	57	0	30	10	3
	20%	57	0	20	20	3
	30%	57	0	10	30	3
	40%	57	0	0	40	3

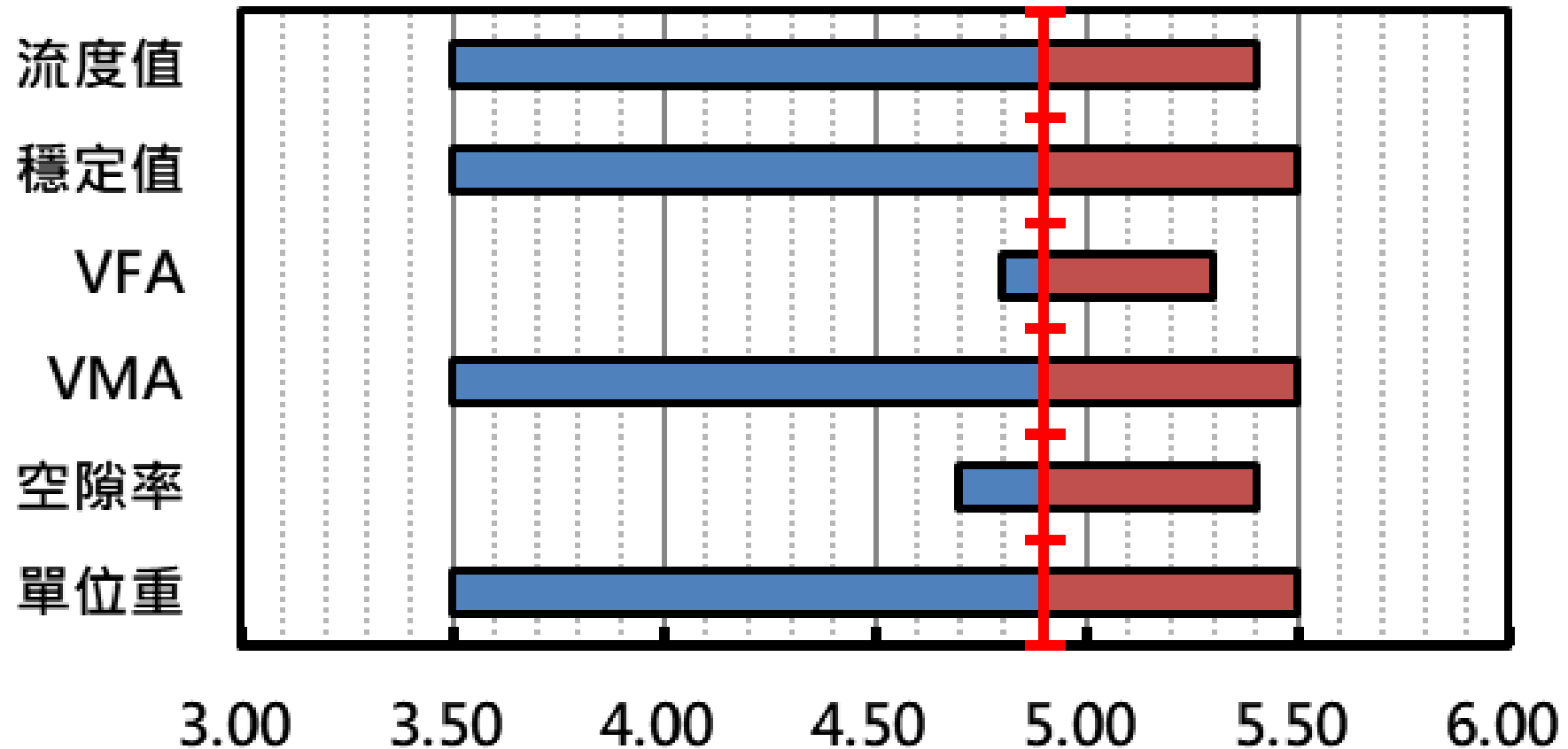
17 氧化矽取代粗粒料之拌合公式



18 氧化矽取代細粒料之拌合公式



19 有效含油量區間

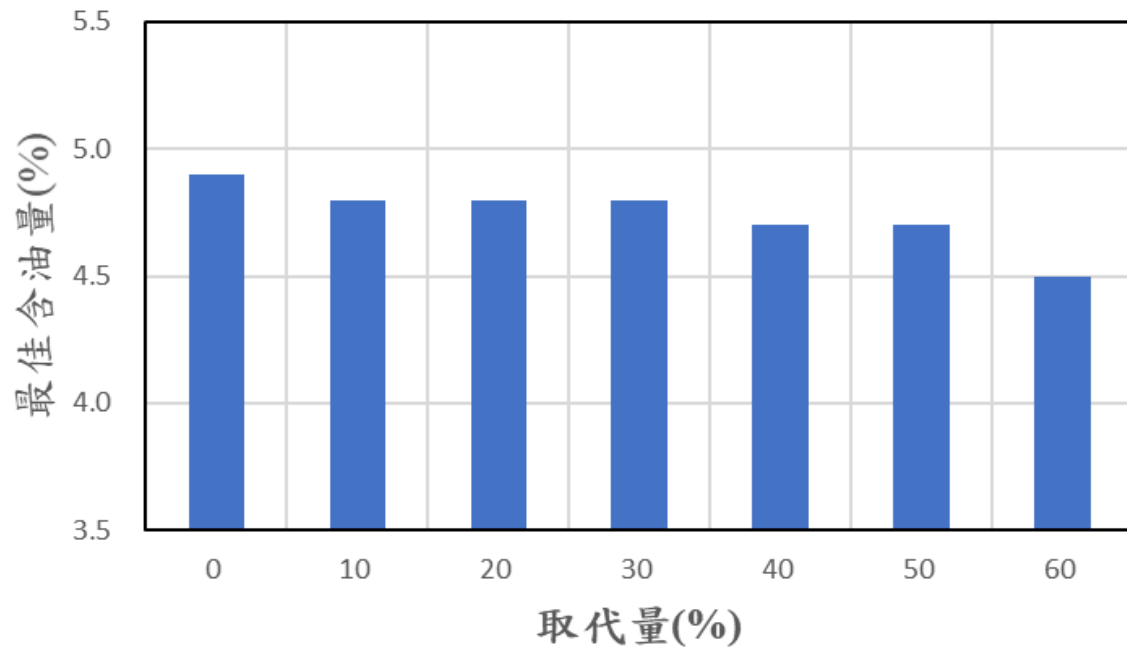


氧化矽粗粒料取代量0%瀝青混凝土 含油量(%)

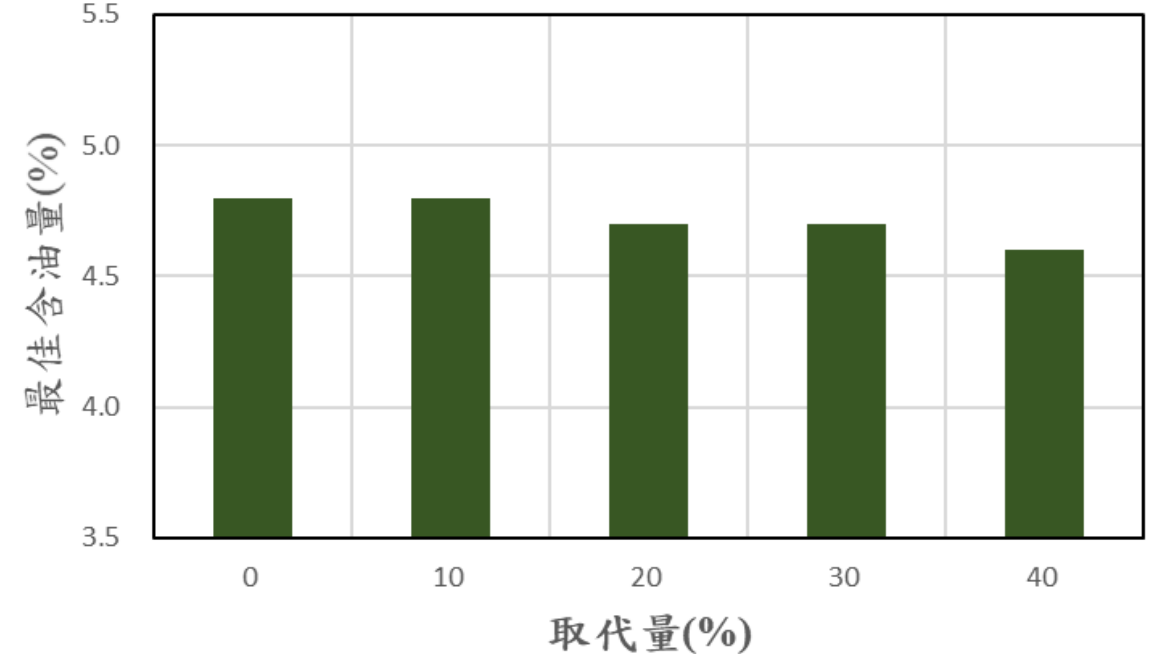
20 氧化矽對最佳含油量之影響

最佳含油量隨氧化矽取代量增加而下降

氧化矽粗粒料



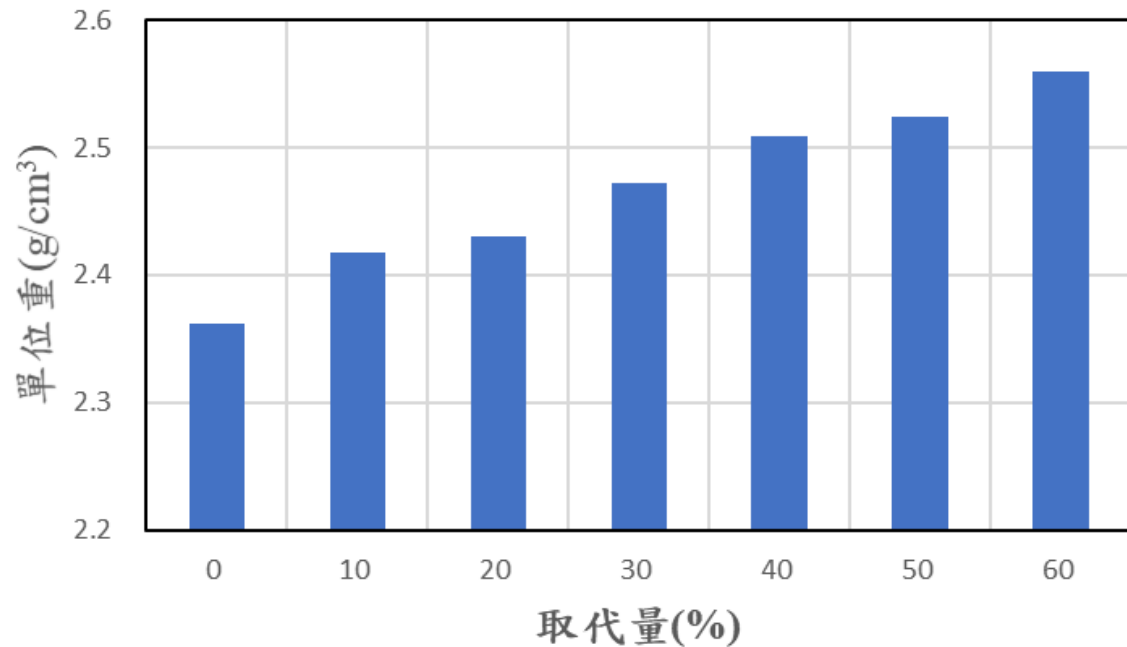
氧化矽細粒料



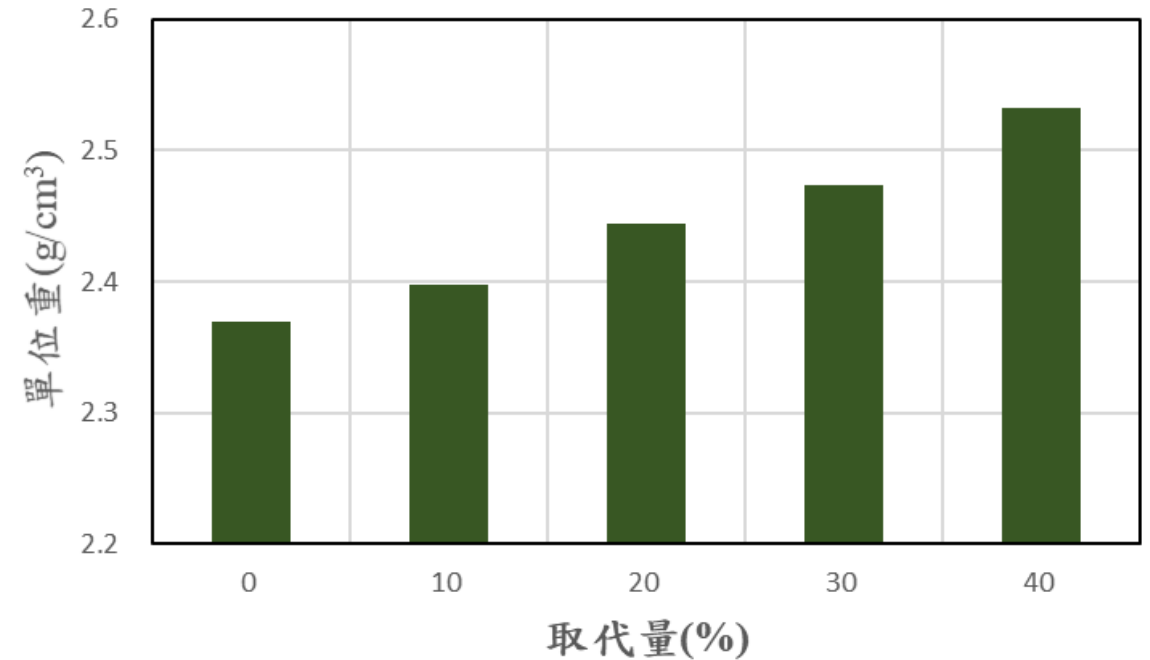
21 氧化矽對單位重之影響

單位重隨氧化矽取代量增加而而上升，因氧化矽比重較天然料高出許多。

氧化矽粗粒料



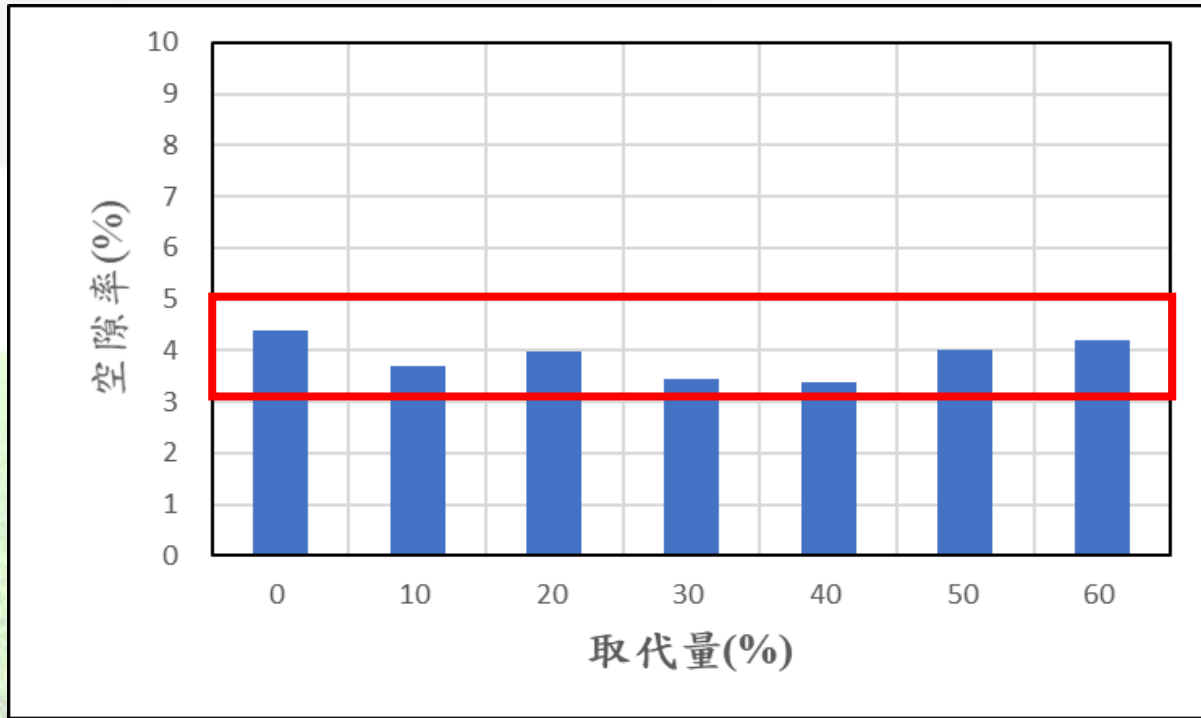
氧化矽細粒料



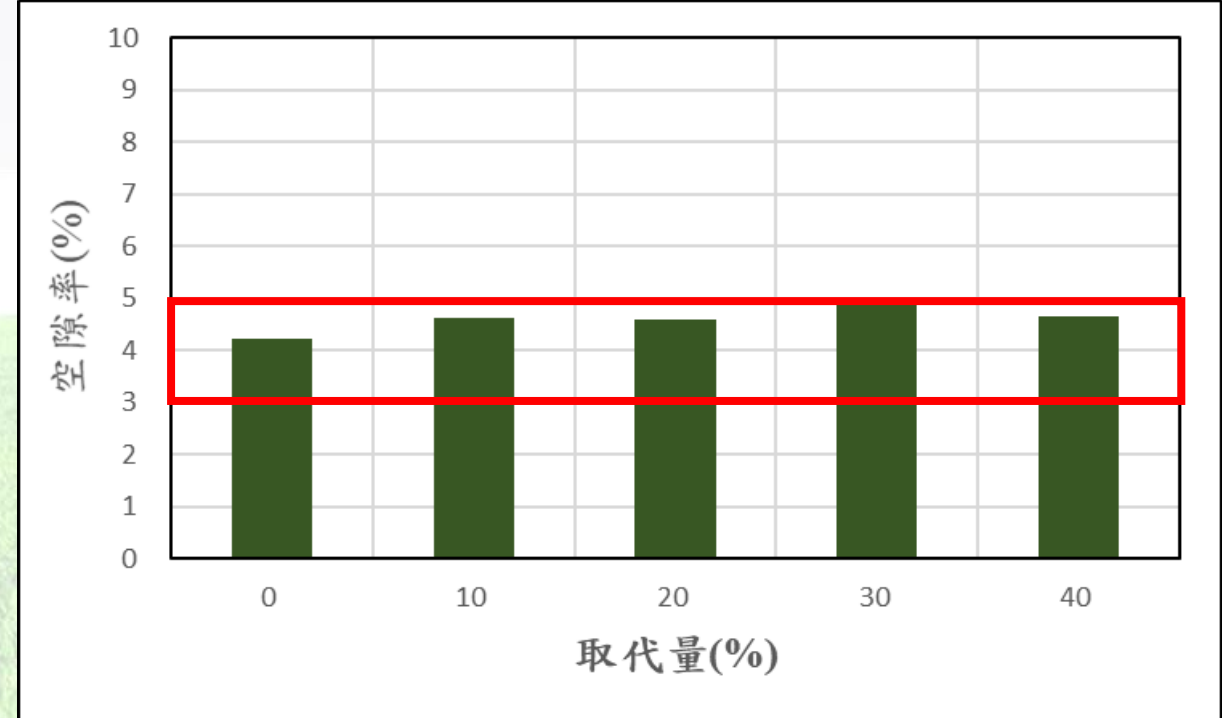
22 氧化矽對空隙率之影響

氧化矽取代量多寡，空隙率在取最佳含油量之情況下並無明顯差異。

氧化矽粗粒料



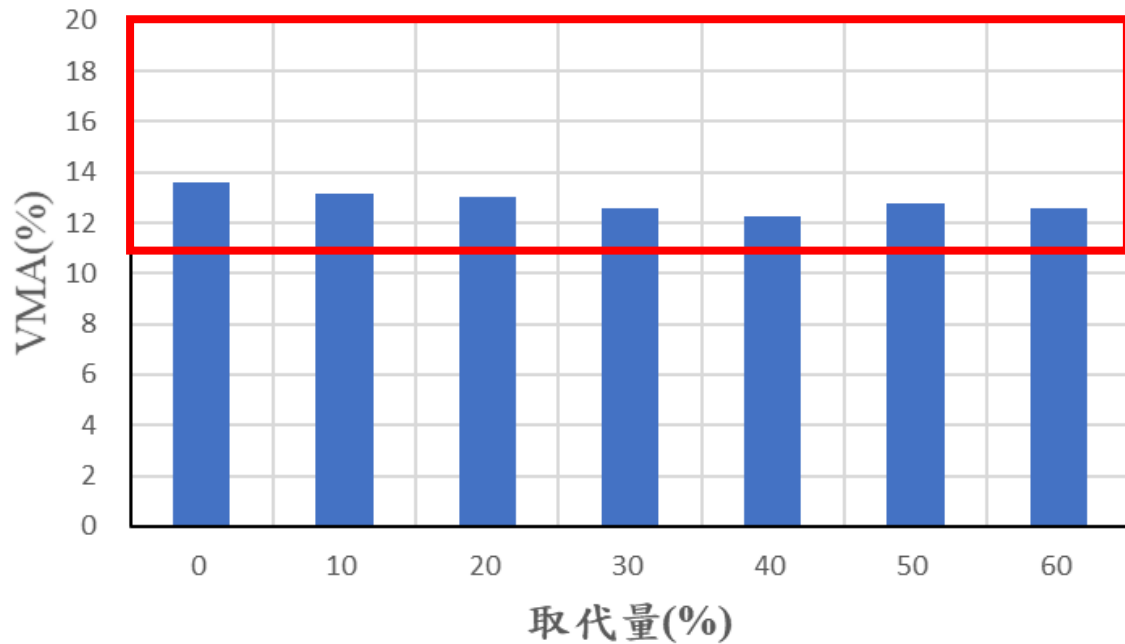
氧化矽細粒料



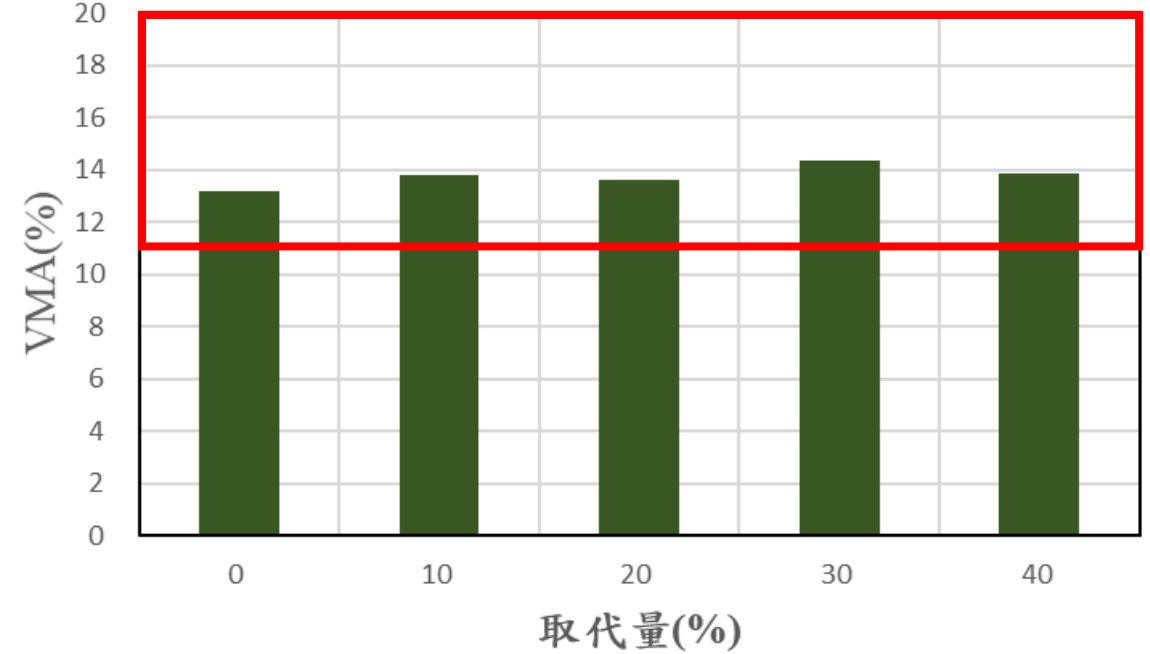
23 氧化矽對VMA之影響

氧化矽取代量多寡，VMA在取最佳含油量之情況下並無明顯差異。

氧化矽粗粒料



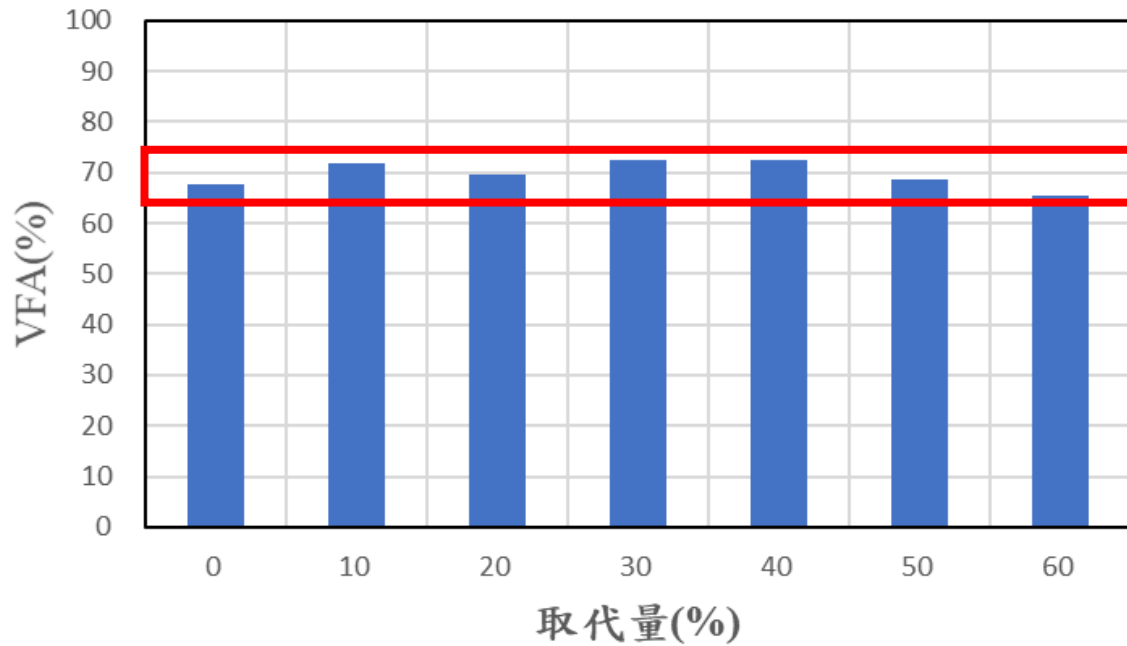
氧化矽細粒料



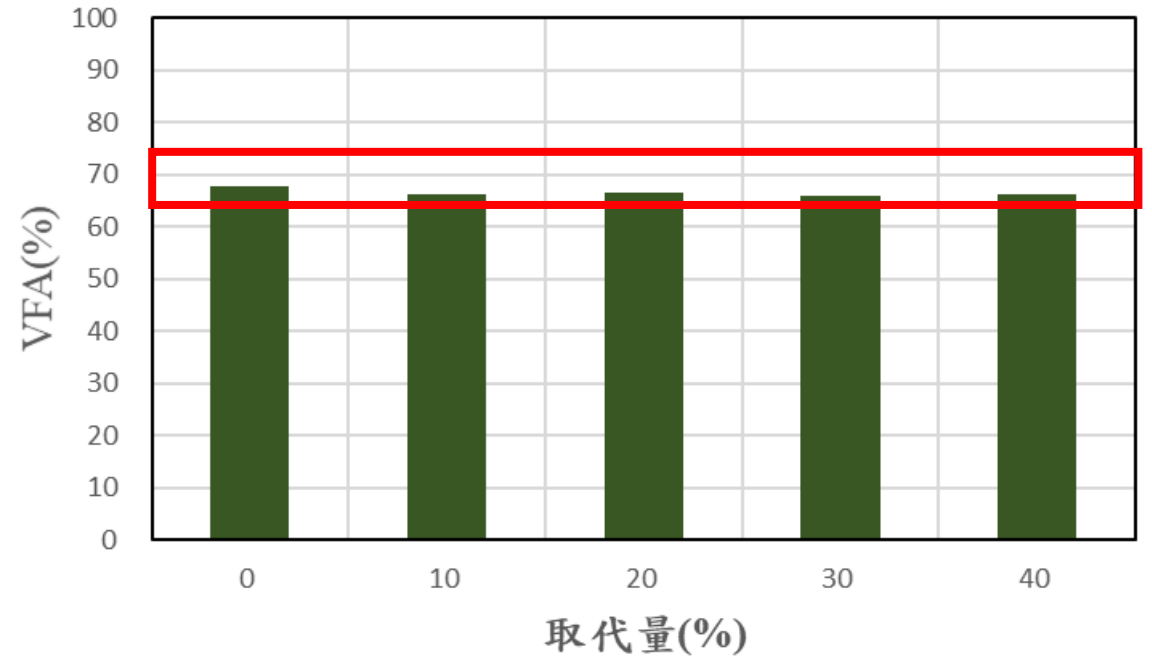
24 氧化碓對VFA之影響

氧化碓取代量多寡，VFA在取最佳含油量之情況下並無明顯差異。

氧化碓粗粒料

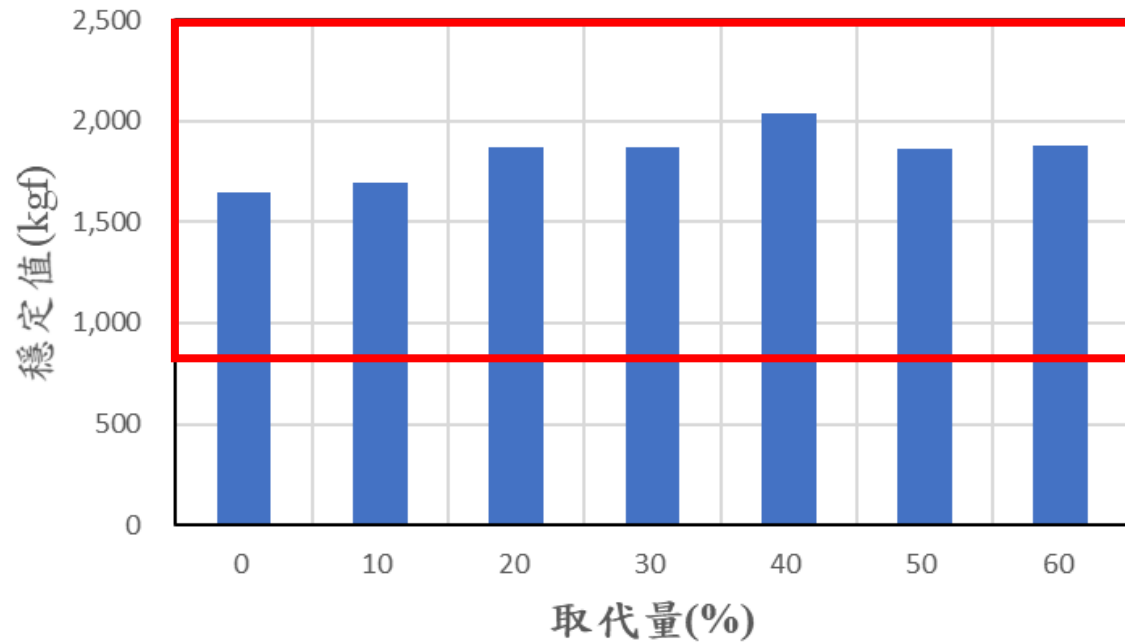


氧化碓細粒料

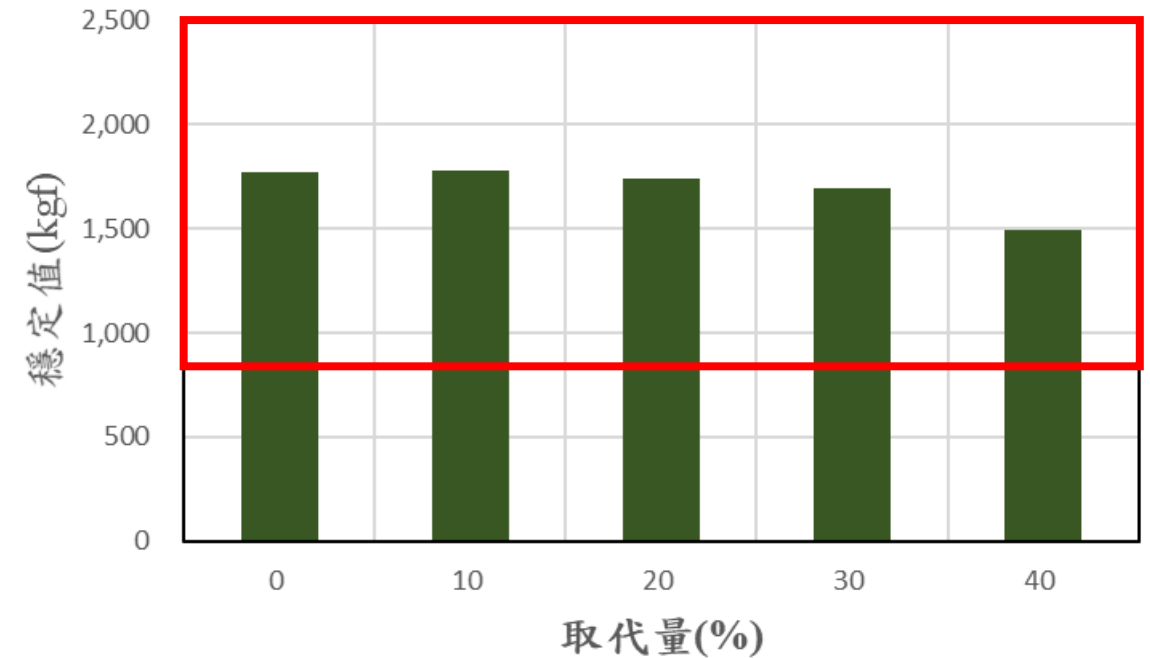


25 氧化矽對穩定值之影響

氧化矽粗粒料



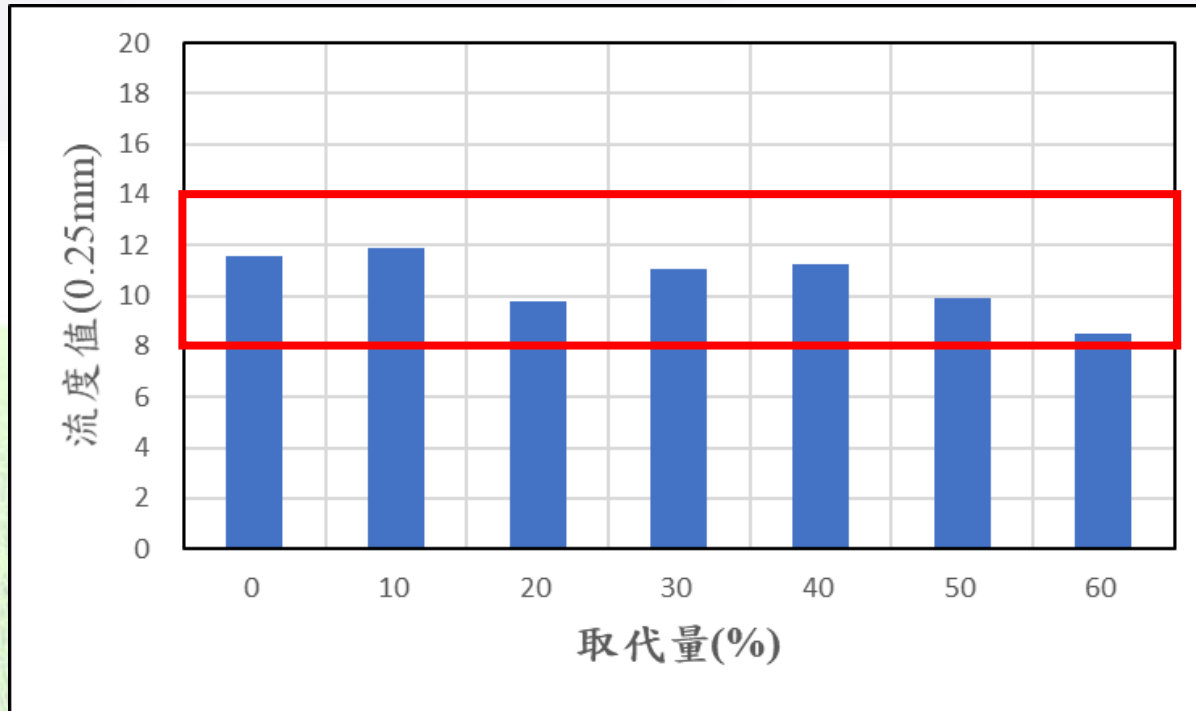
氧化矽細粒料



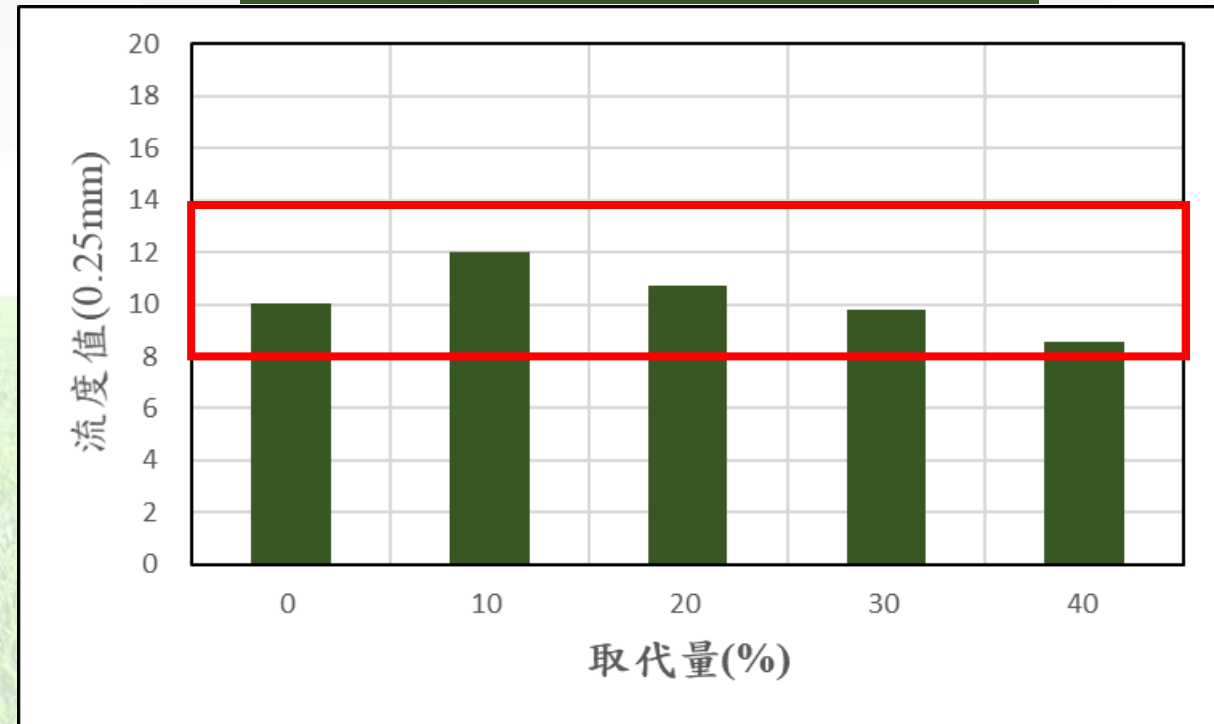
26 氧化矽對流度值之影響

由於最佳含油量隨氧化矽取代量增加而下降
故流度值隨氧化矽取代量增加而減少。

氧化矽粗粒料

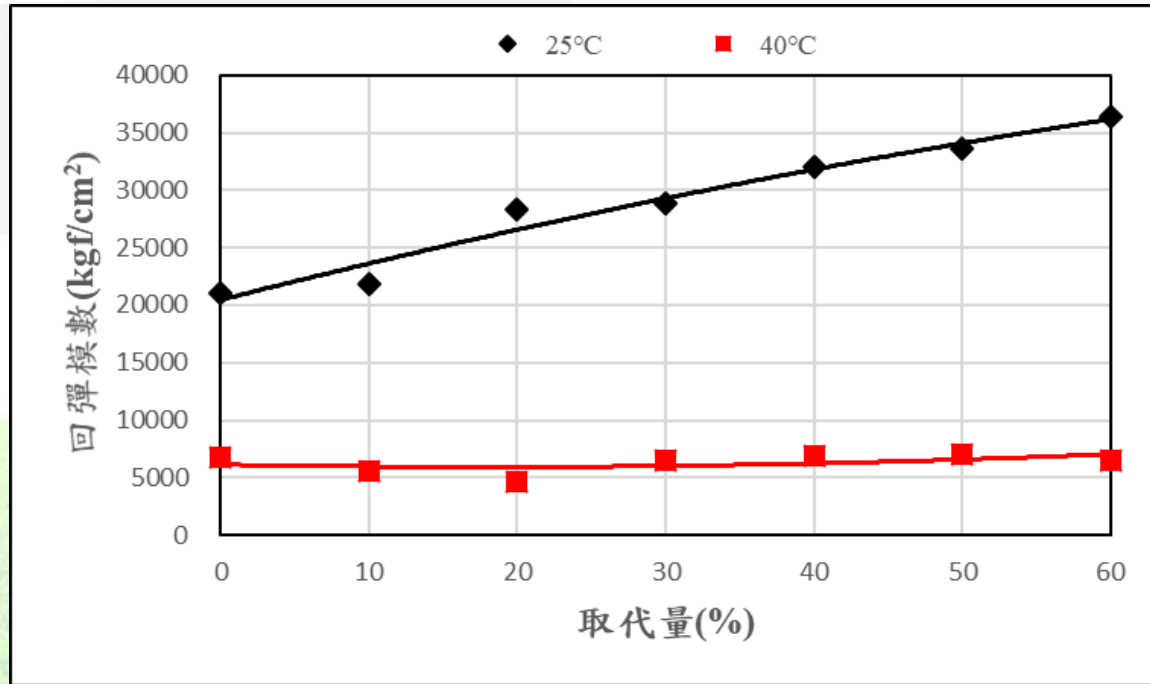


氧化矽細粒料

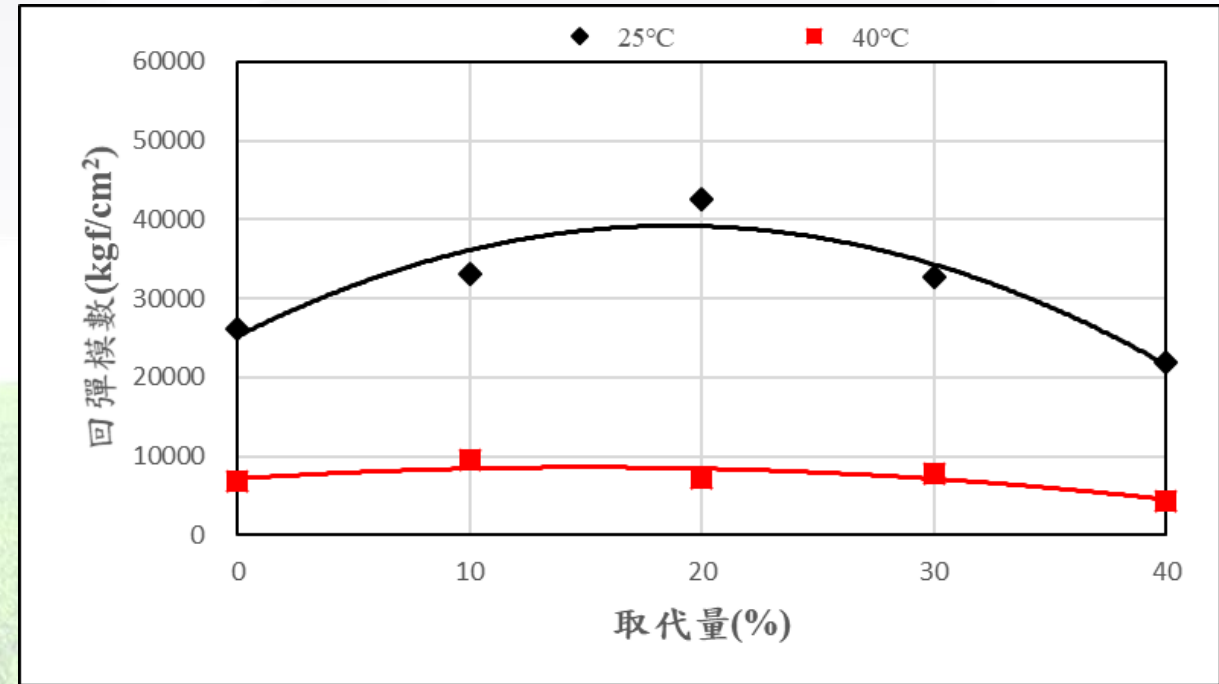


27 氧化矽對回彈模數之影響

氧化矽粗粒料

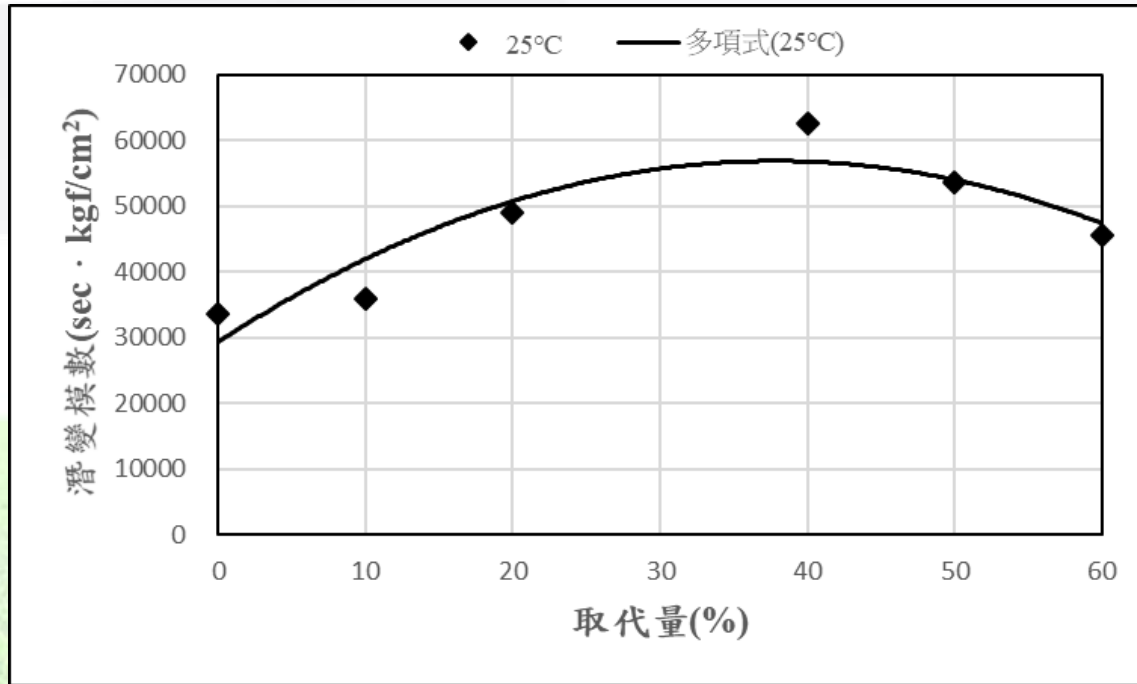


氧化矽細粒料

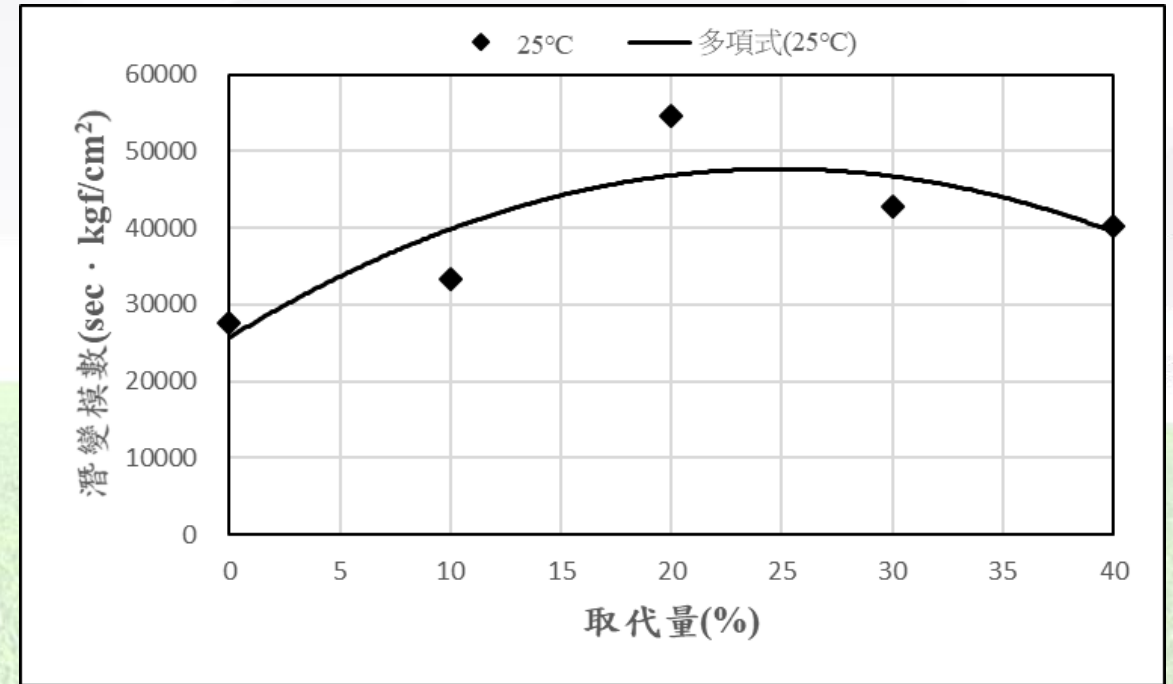


28 氧化矽對靜態潛變之影響

氧化矽粗粒料

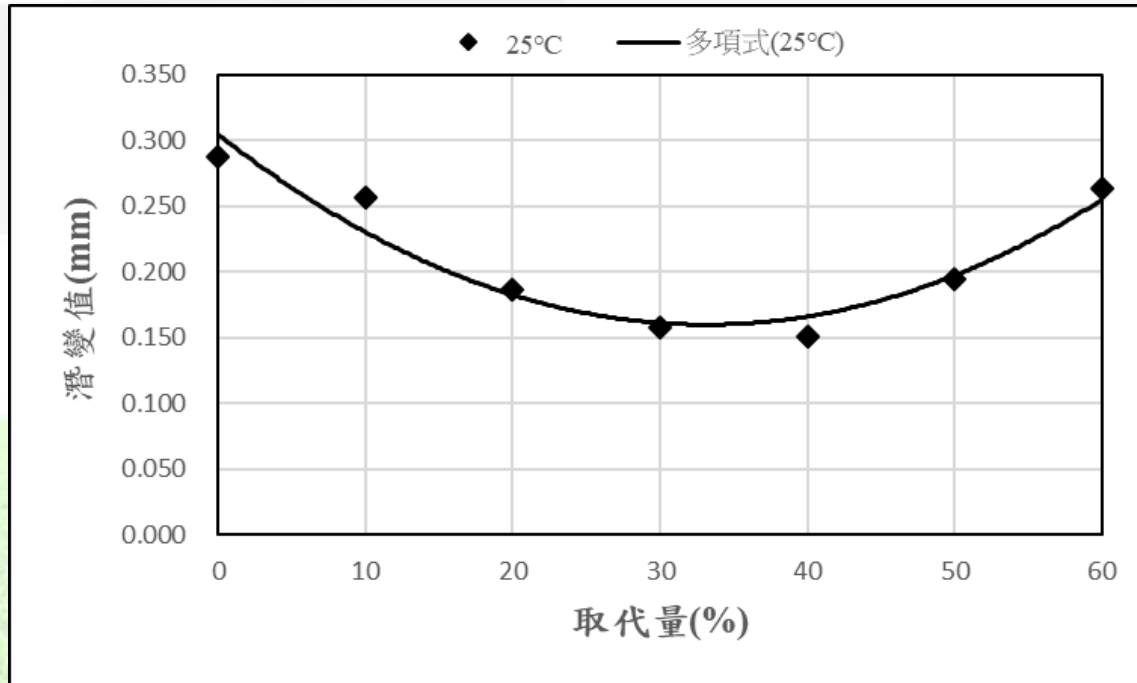


氧化矽細粒料

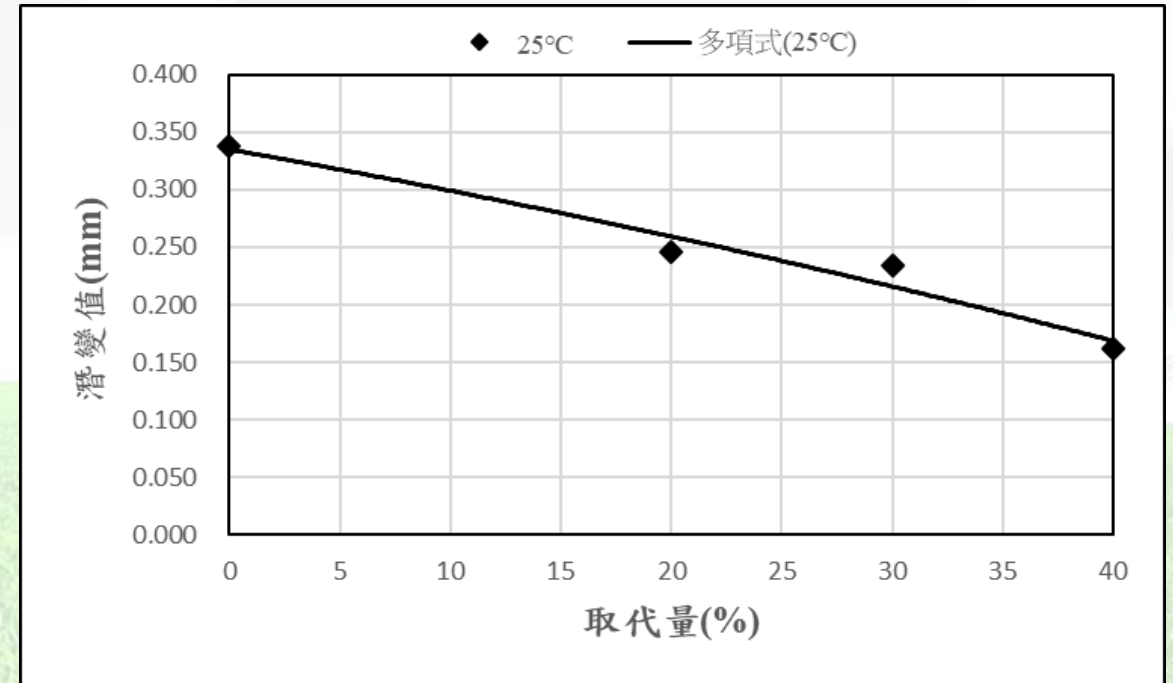


29 氧化矽對動態潛變之影響

氧化矽粗粒料

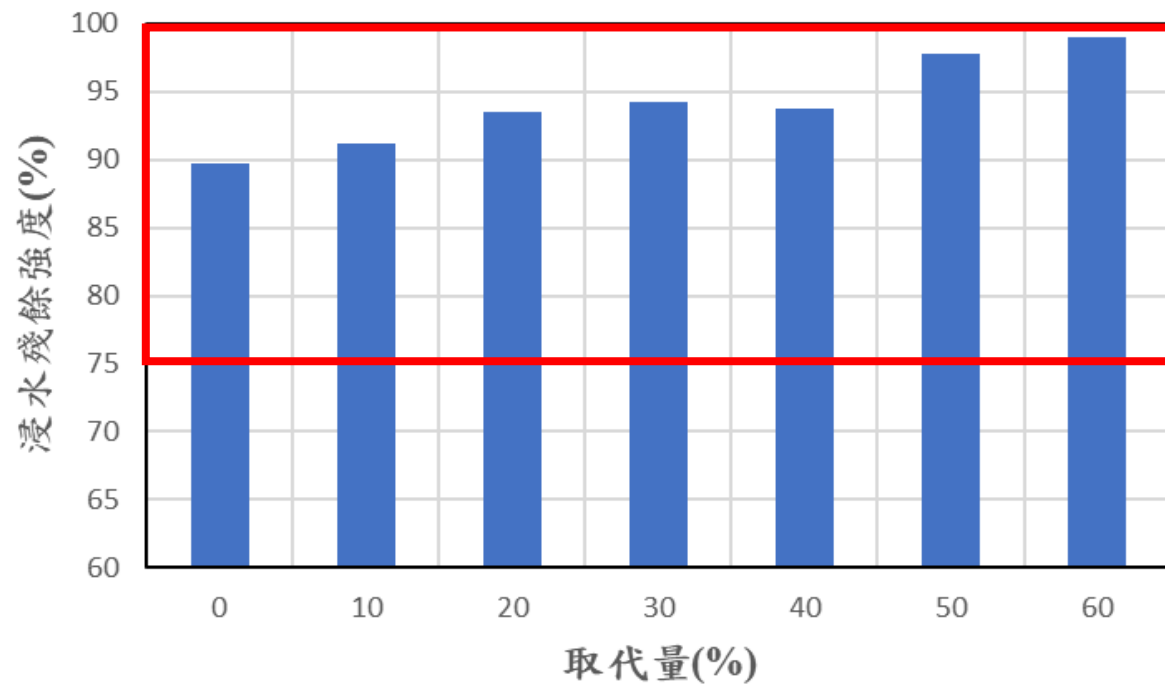


氧化矽細粒料

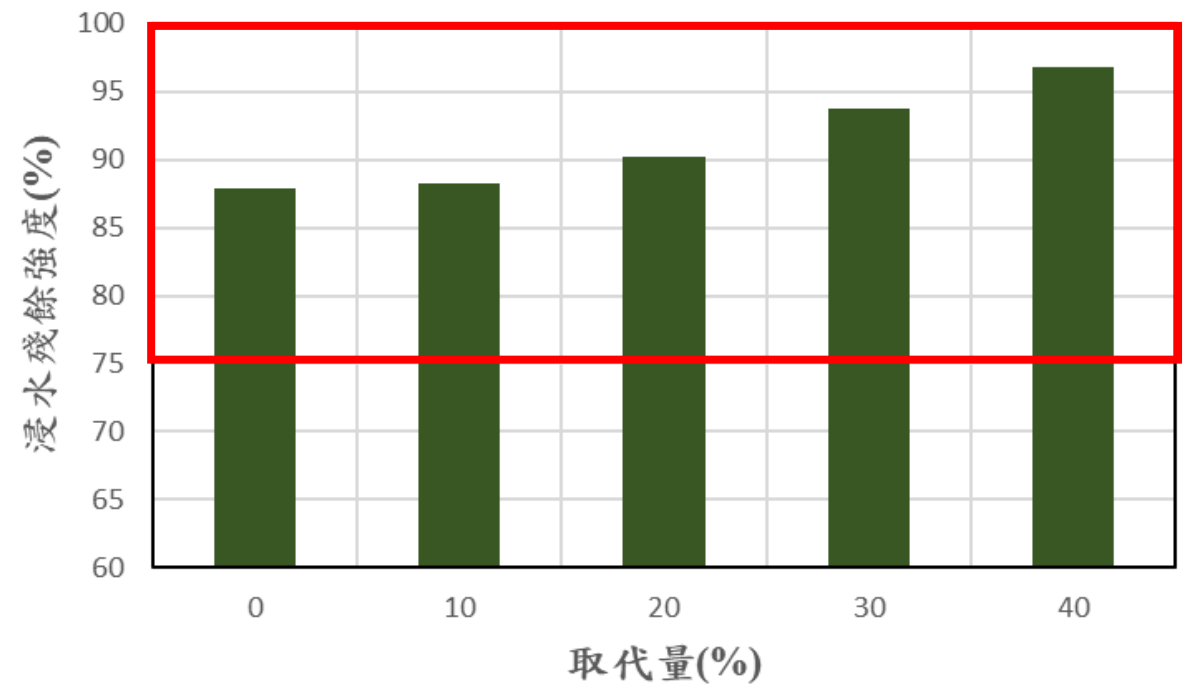


30 氧化矽對浸水殘餘強度之影響

氧化矽粗粒料

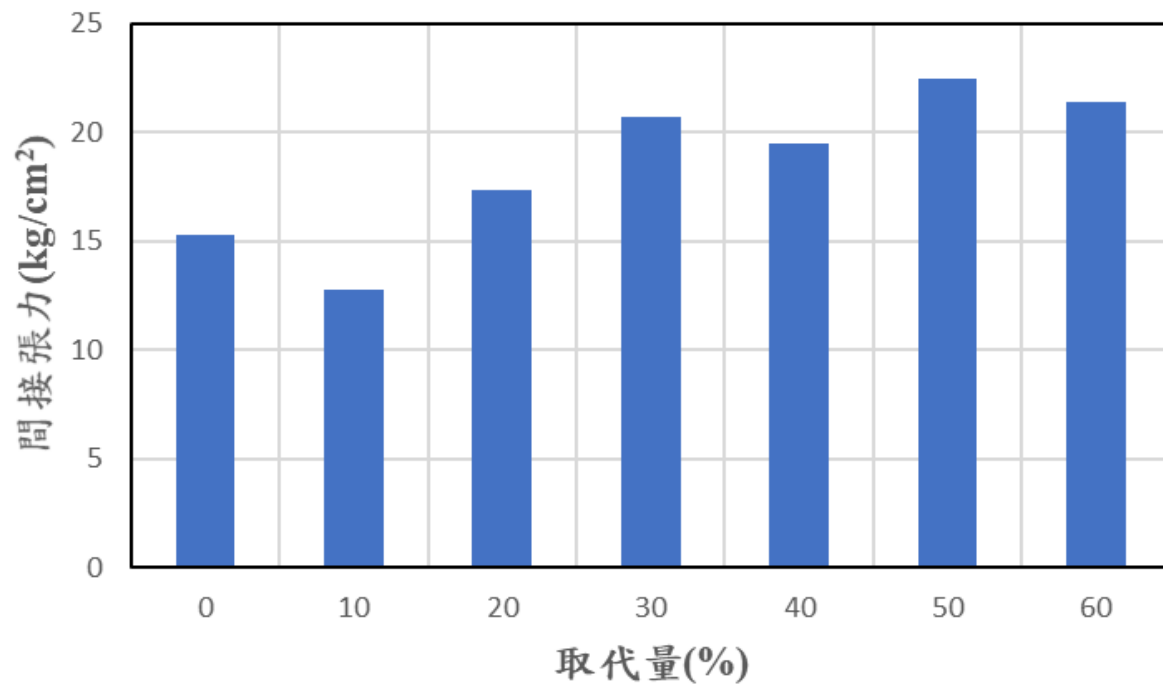


氧化矽細粒料

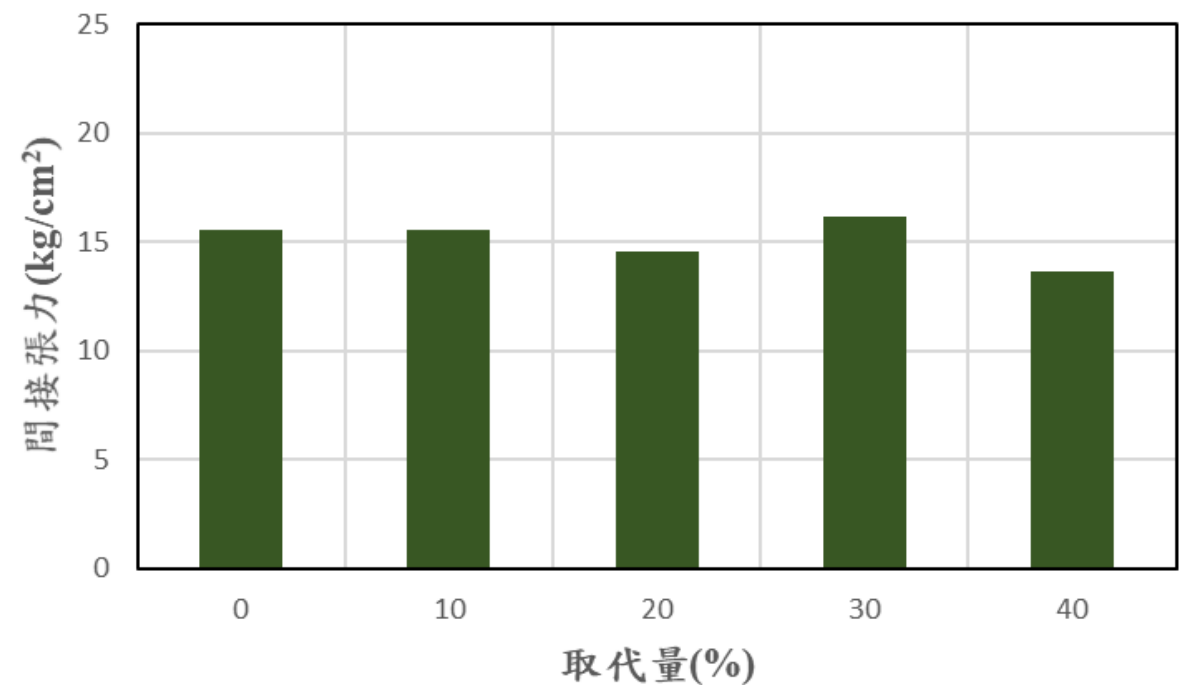


31 氧化矽對間接張力之影響

氧化矽粗粒料



氧化矽細粒料



32 肯塔堡飛散試驗(氧化碯粗粒料)



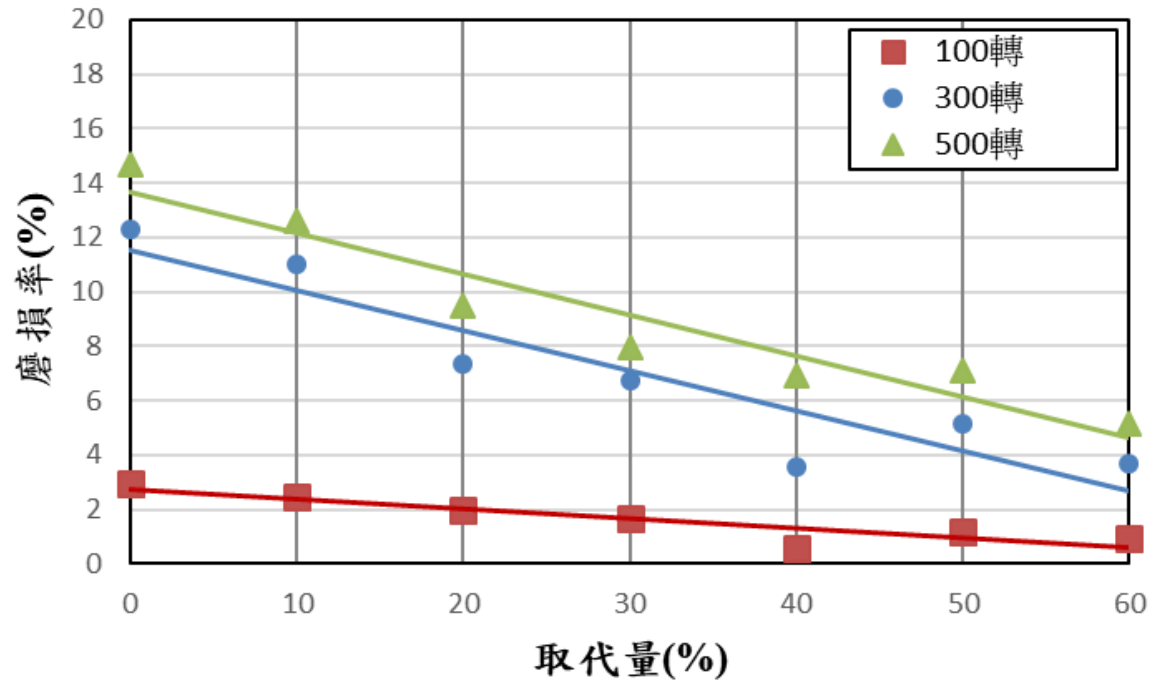
33 肯塔堡飛散試驗(氧化矽細粒料)



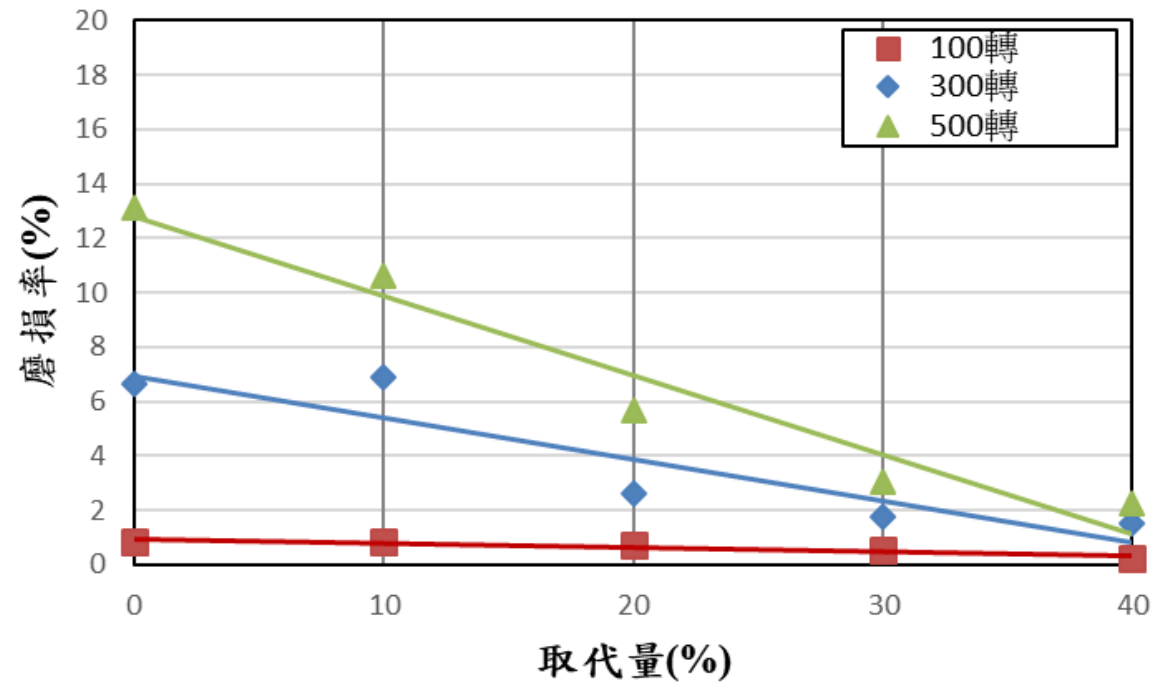
34 肯塔堡飛散試驗

氧化矽能夠有效提升瀝青混凝土之抗磨損能力

氧化矽粗粒料

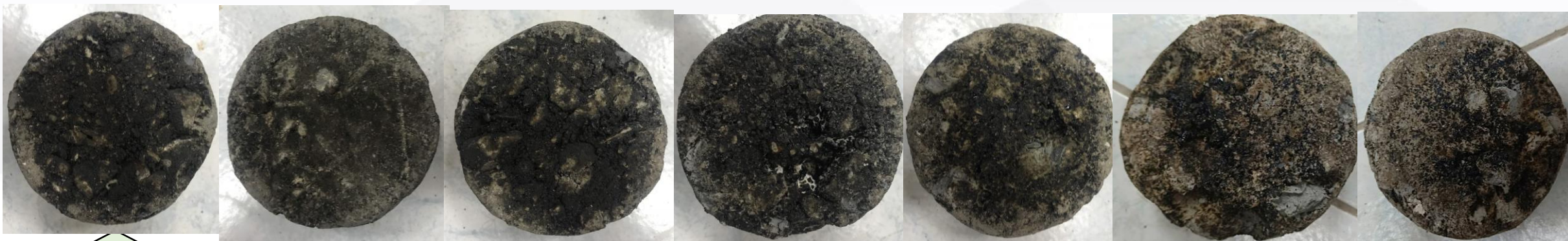


氧化矽細粒料



35 不銹鋼氧化碓瀝青混凝土銹蝕試驗

氧化碓粗粒料取代量20~60%、有微小銹蝕，但仍可接受。 **浸泡4天70°C，放置30天**



0%

10%

20%

30%

40%

50%

60%



氧化碓細粒料取代量多寡、
銹蝕現象並無差異。

由此可知氧化碓細粒料可
避免氧化碓粗粒料應用於
瀝青混凝土之銹蝕問題。



36

Part 3

漚青拌合廠試拌



37 瀝青拌合廠試拌

試體夯打機



圓筒搖篩機



瀝青洗油機



瀝青拌合廠動線



分樣器



高速離心機



瀝青黏制度試驗儀



38 瀝青廠品質管制

熱倉取料



骨材分樣

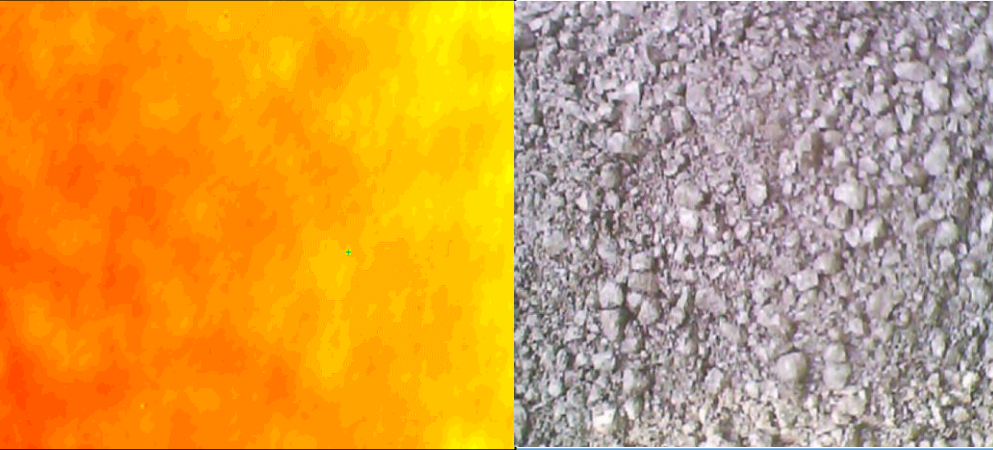


篩分析試驗



39 瀝青拌合廠試拌

熱影像試驗



試拌取樣



研判最適含油量



粒料料斗倉



40 瀝青混凝土比例調整

臨海工業區-不銹鋼氧化碴40%

	天然料 六分石	天然料 三分石	天然料 二分石	氧化碴 碎石砂	填縫料	含油量
配比設計	30	17	10	40	3	4.6
試辦後比例	24	23	11	40	2	4.2

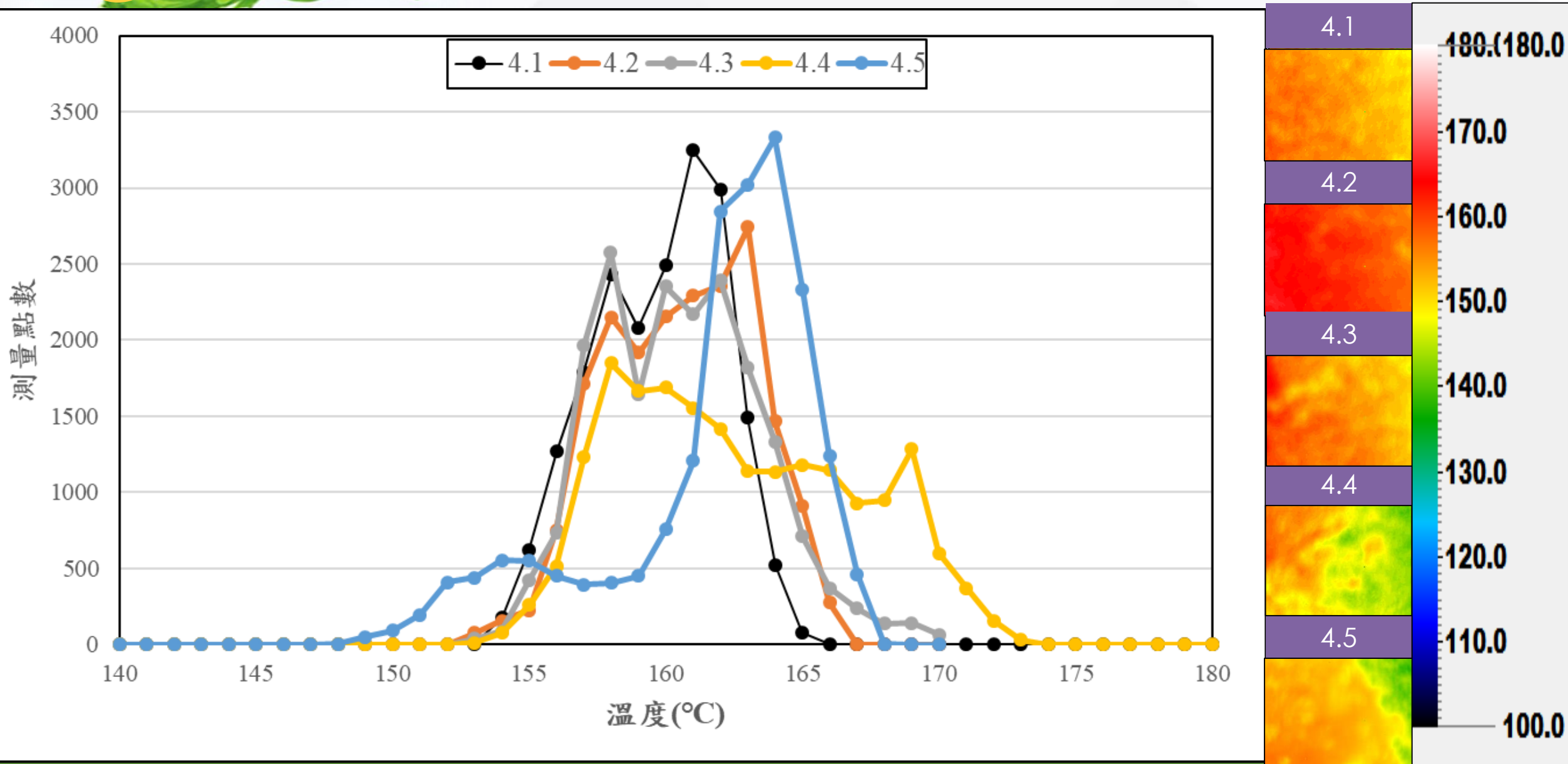
臨海工業區-不銹鋼氧化碴60%

	氧化碴 六分石	氧化碴 三分石	天然料 碎石砂	填縫料	含油量
原始比例	30	30	37	3	4.5
最終比例	27	31	40	2	4.1

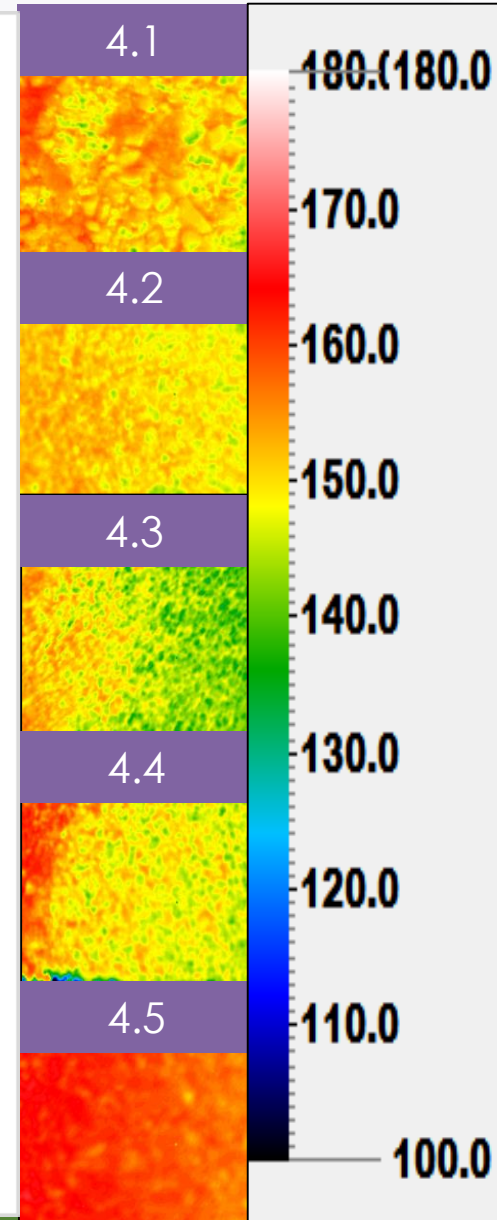
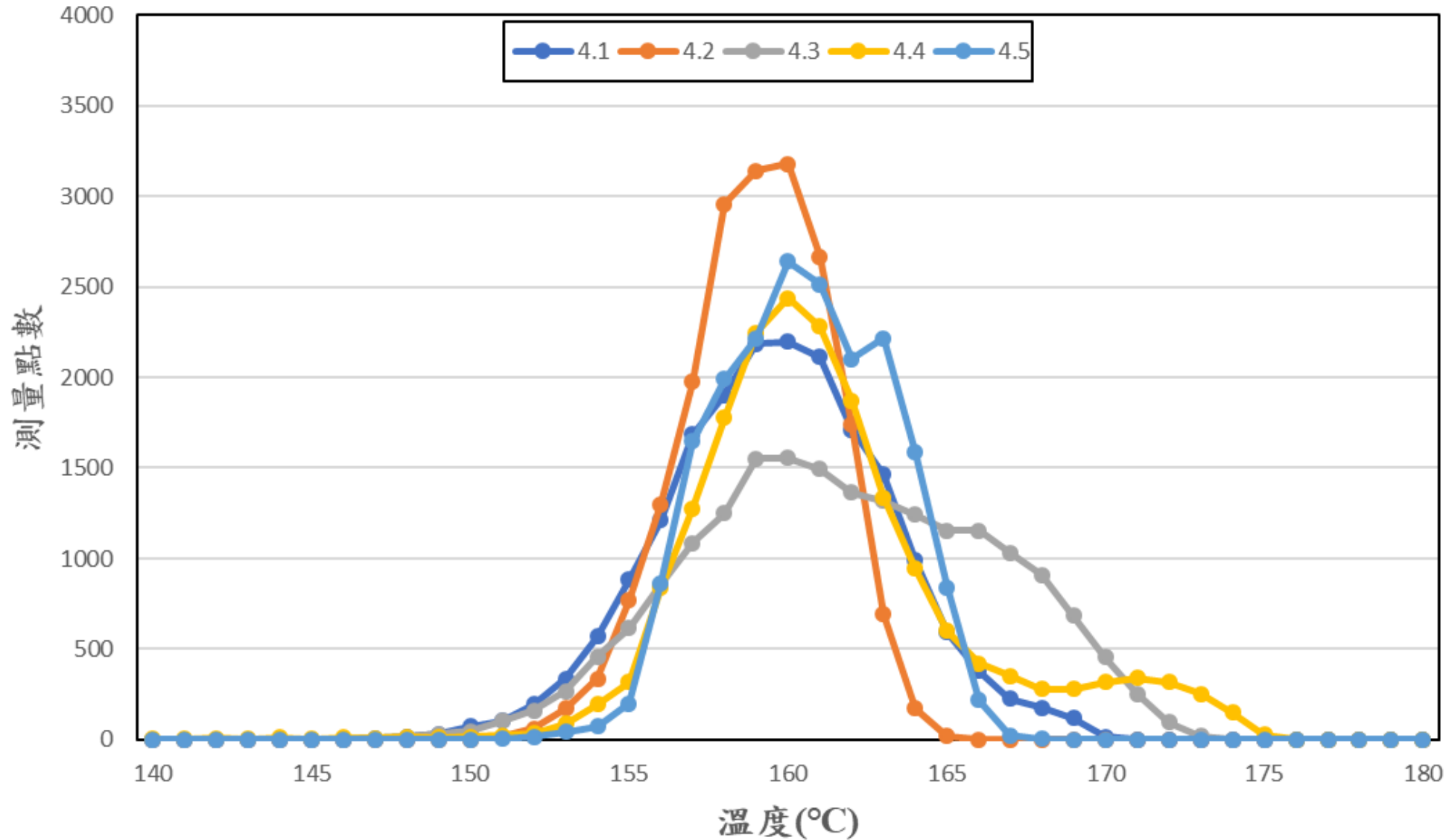
林園工業區-不銹鋼氧化碴60%

	氧化碴 六分石	氧化碴 三分石	天然料 碎石砂	填縫料	含油量
原始比例	30	30	37	3	4.5
最終比例	26	36	35	2	4.1

41 不同含油量對氧化碯瀝青混凝土之溫度影響(粗粒料)



42 不同含油量對氧化矽瀝青混凝土之溫度影響(細粒料)



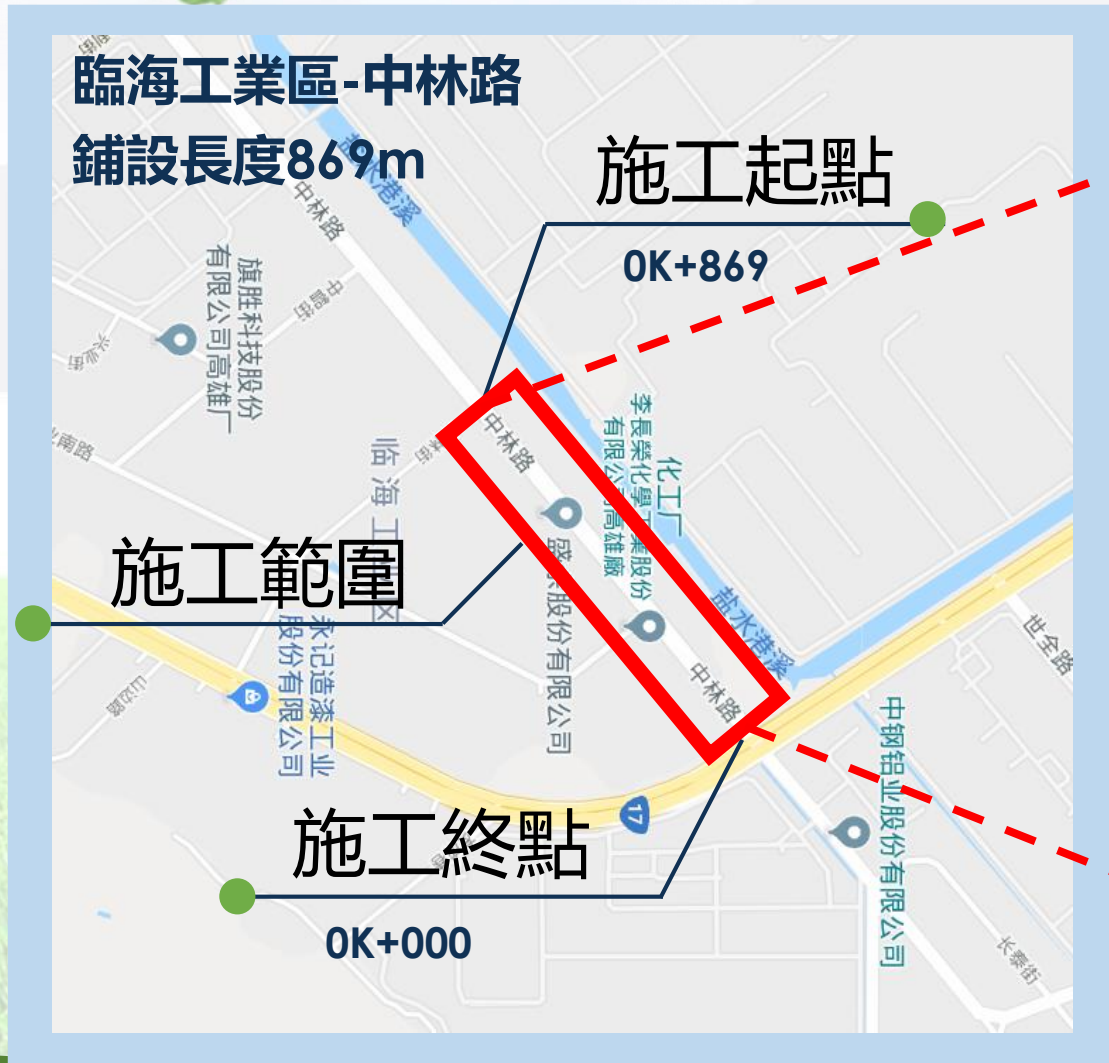
43

Part 4

現地施工過程



44 基改位置



OK+817.6
長度8m*寬度3.2m
改良深度0.5m

OK+869

行車方向

行車方向

OK+446.5
長度9m*寬度3m
改良深度0.5m

OK+000

45 臨海工業區基改作業

水泥基改



基改深度量測(50cm)



臨時鋪面預留厚度量測(15cm)



水泥土壤拌合



46 臨海工業區基改遇到問題

因開挖過程中管線(深度30cm)，故停止基底層改良。



47 刨除深度量測(10cm)與刨除料清掃

臨海工業區



林園工業區

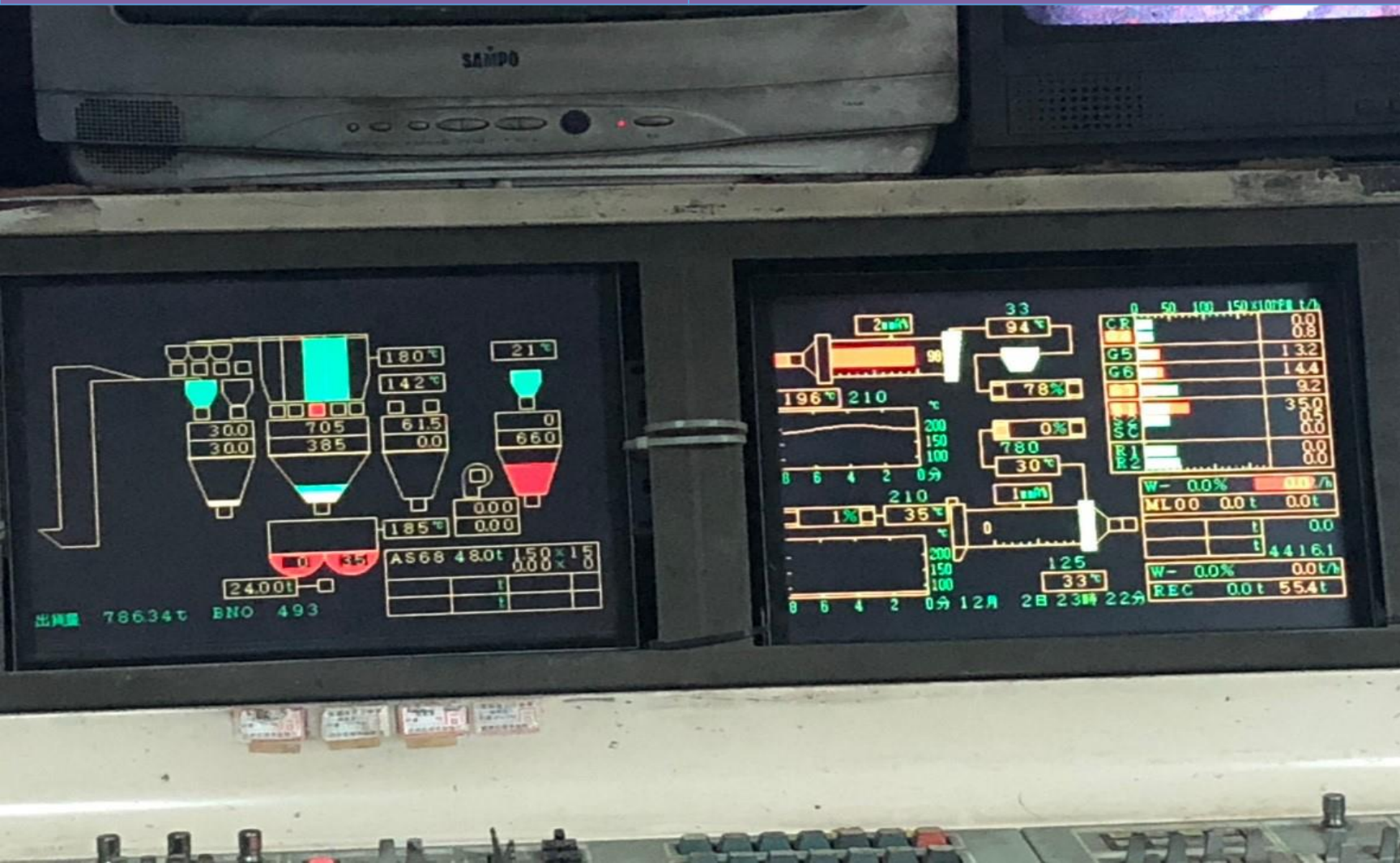


48 瀝青廠品質監控

各骨材重量控制

拌合鍋爐控制系統

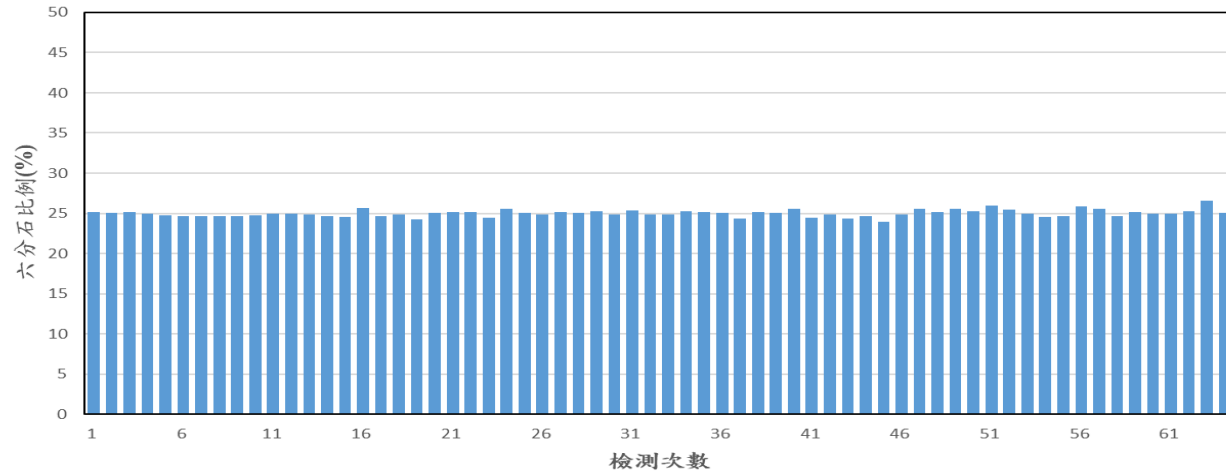
各骨材比例設定



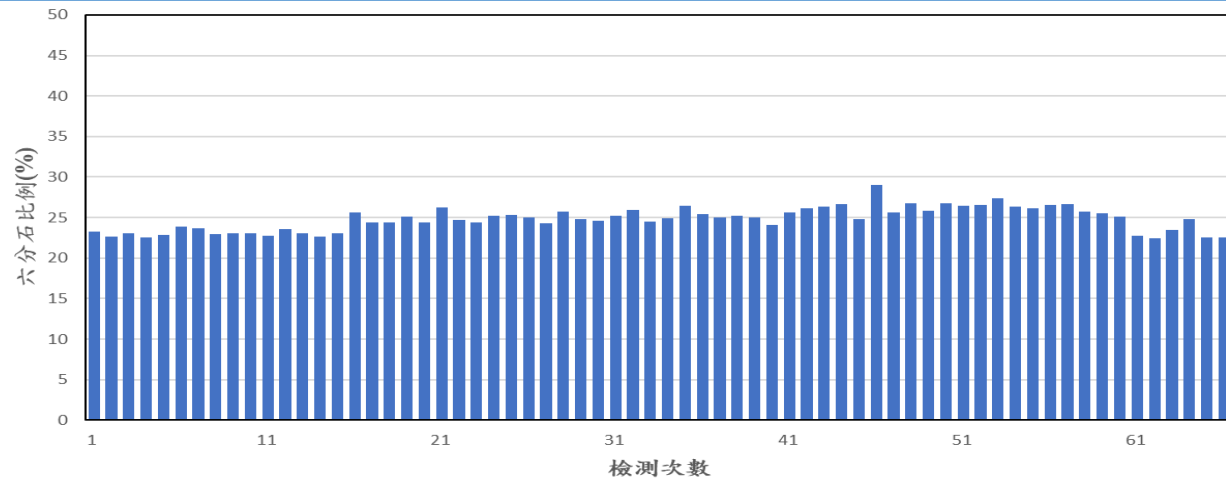
配 比 登 錄		落 差 補 正							
配 比 設 定		ML	MS	SA	SU	SO	AS	T	
ANO	68								
HNO	AS68								
AG5	0	50	50	50	50	50	50	50	
4	2500	50	50	50	50	50	50	50	
3	4700	50	37	50	50	50	50	50	
2	6000	50	64	50	50	50	50	50	
1	935	50	51	50	50	50	50	50	
FR2	20.0	51	51	51	51	51	51	51	
1	0.0	00	00	00	00	00	00	00	
AS2	0.0	00	00	00	00	00	00	00	
1	41.0	56	56	56	56	56	56	56	
REC	0	70	70	70	70	70	70	70	
ADD	0.00	000	000	000	000	000	000	000	

49 瀝青廠品質管控-六分石比例監控

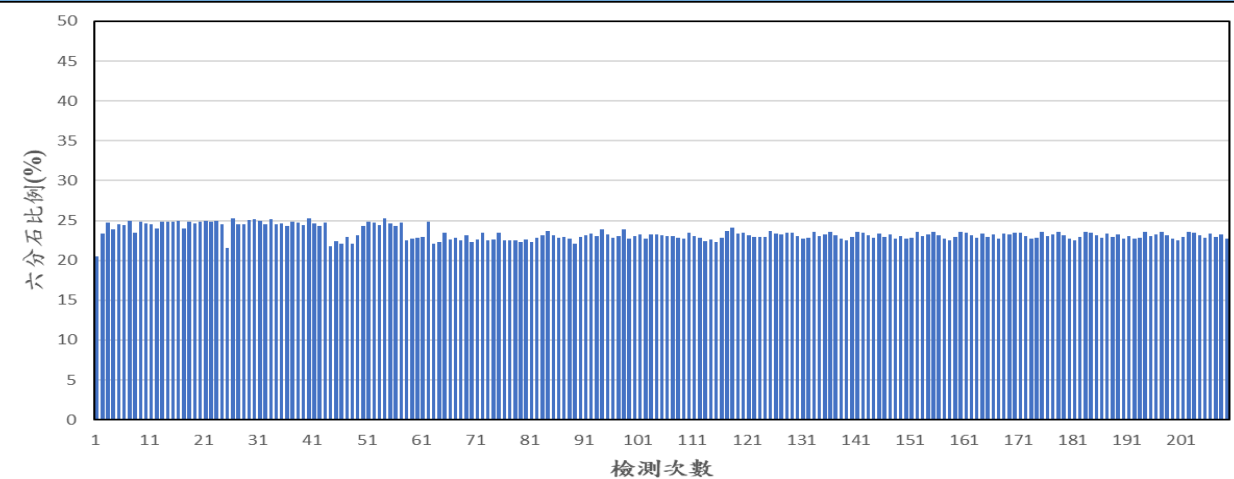
林園工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇60%

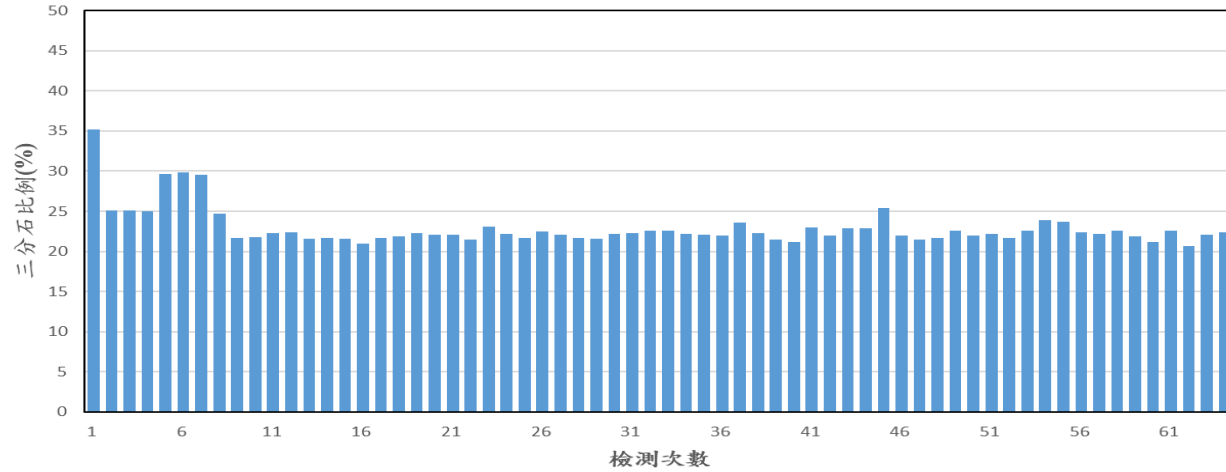


臨海工業區-氧化碇40%

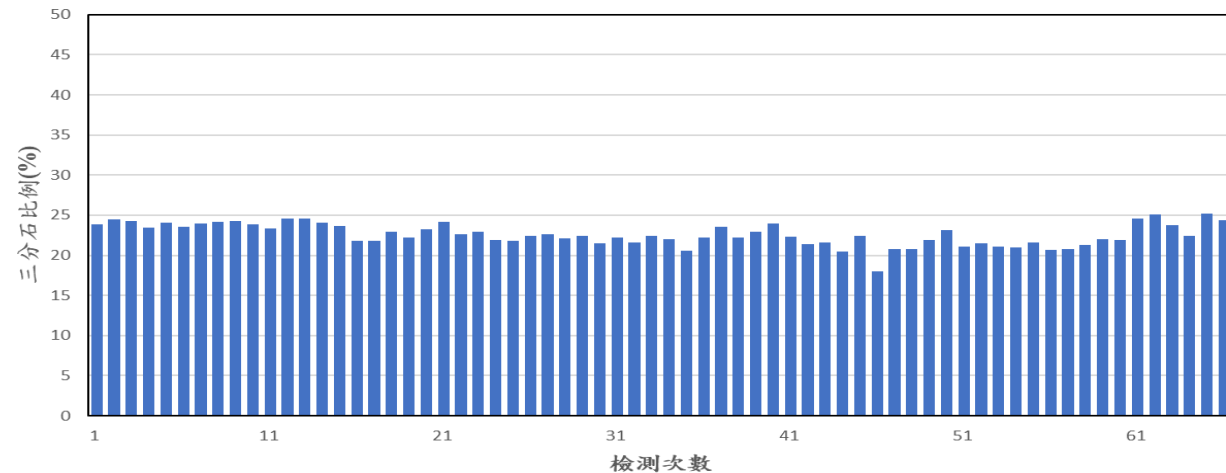


50 瀝青廠品質管控-三分石比例監控

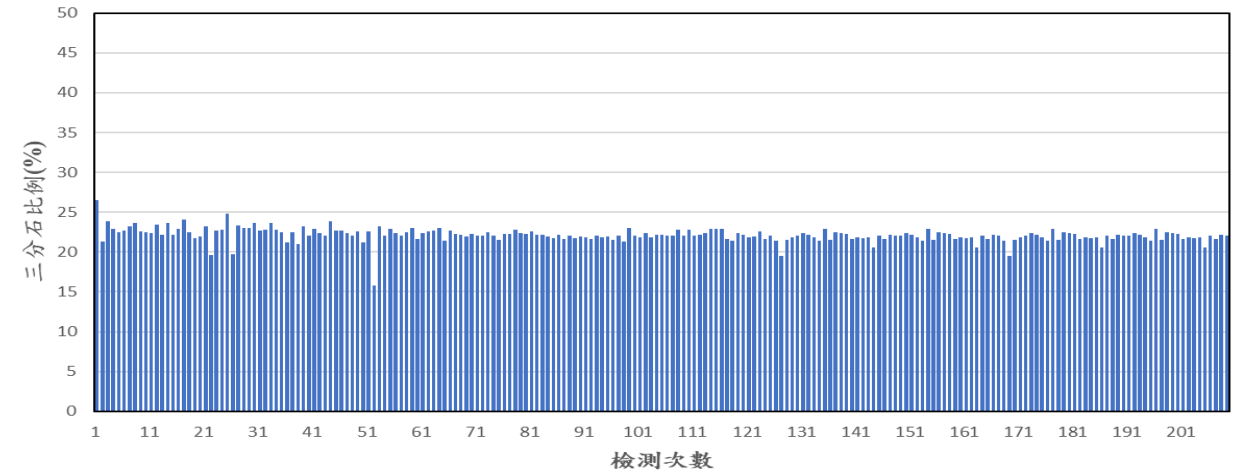
林園工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇60%

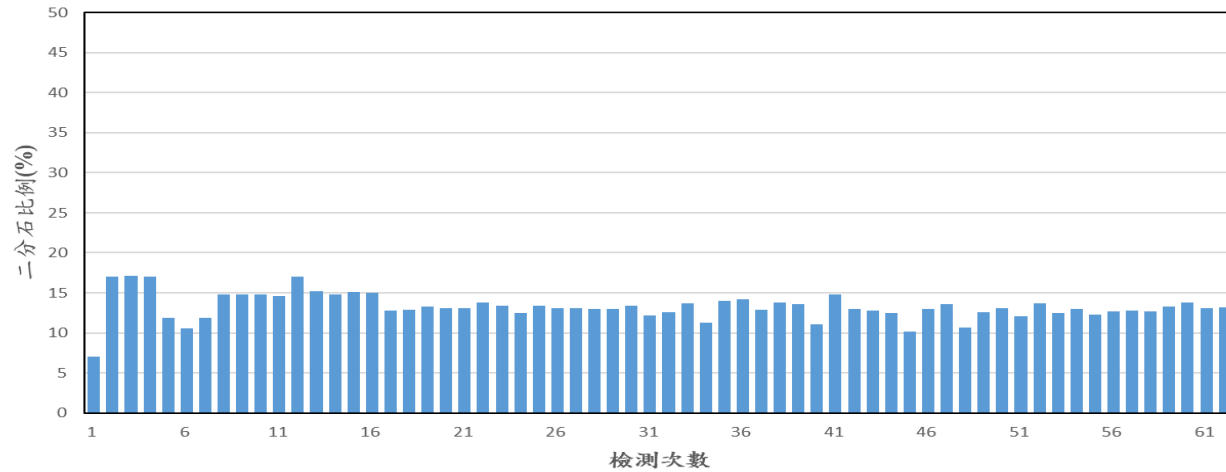


臨海工業區-氧化碇40%

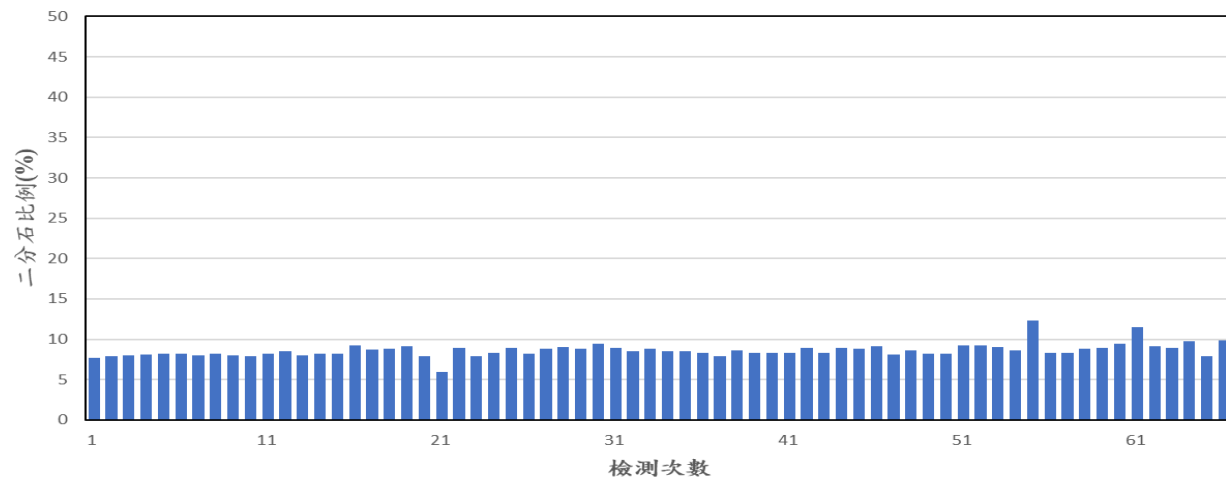


51 瀝青廠品質管控-二分石比例監控

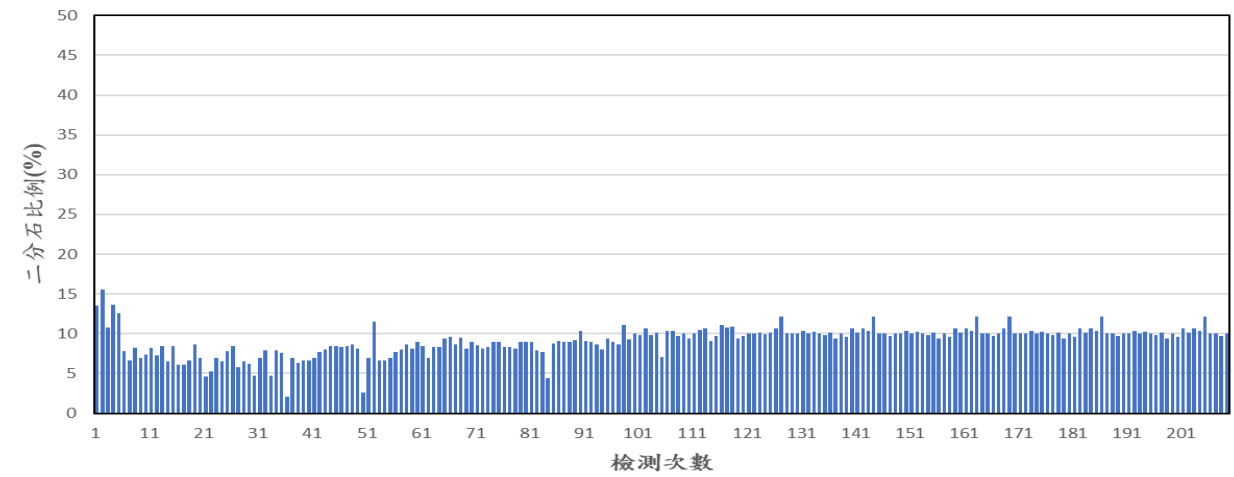
林園工業區-氧化碯60%



臨海工業區-氧化碯60%

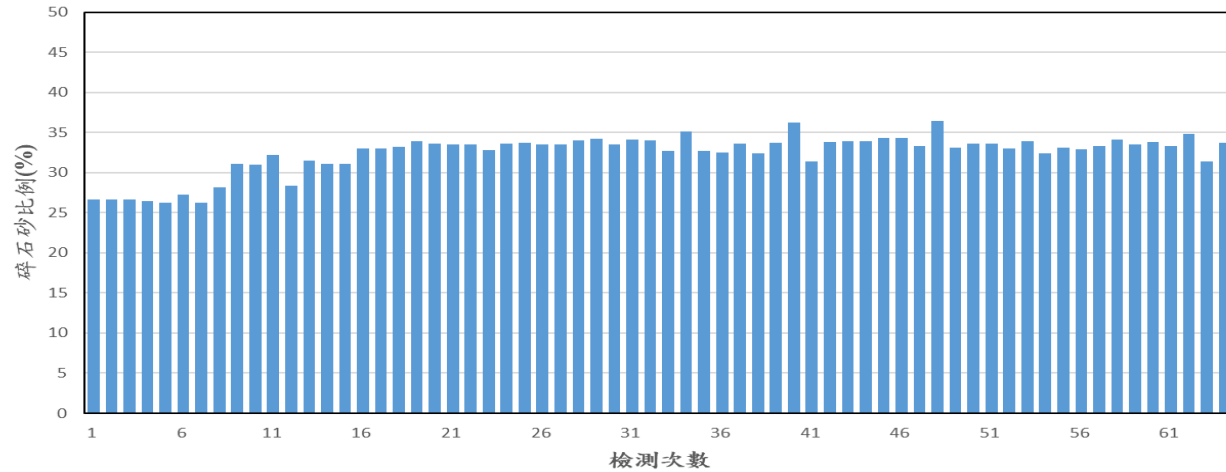


臨海工業區-氧化碯40%

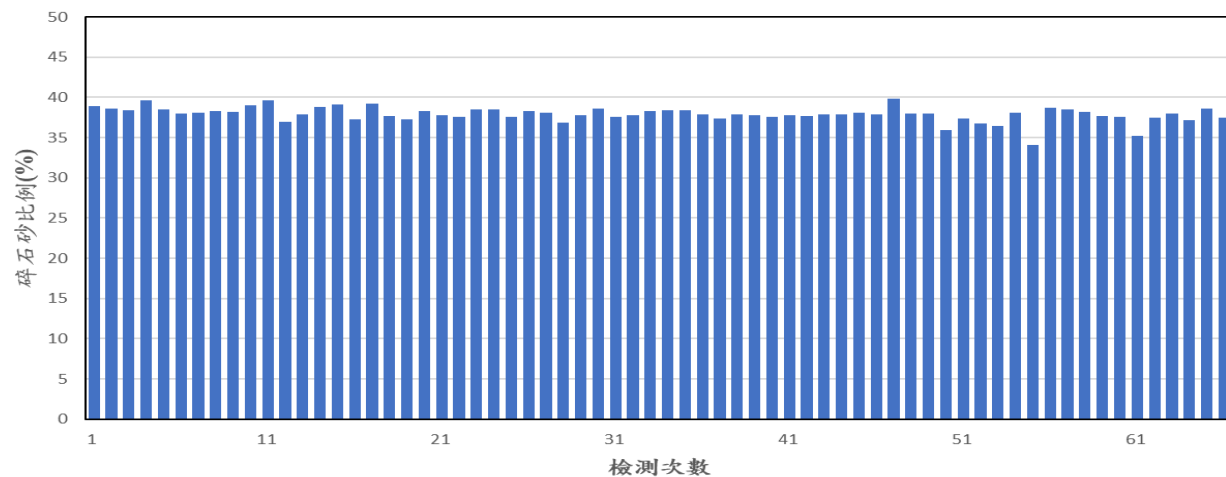


52 瀝青廠品質管控-碎石砂比例監控

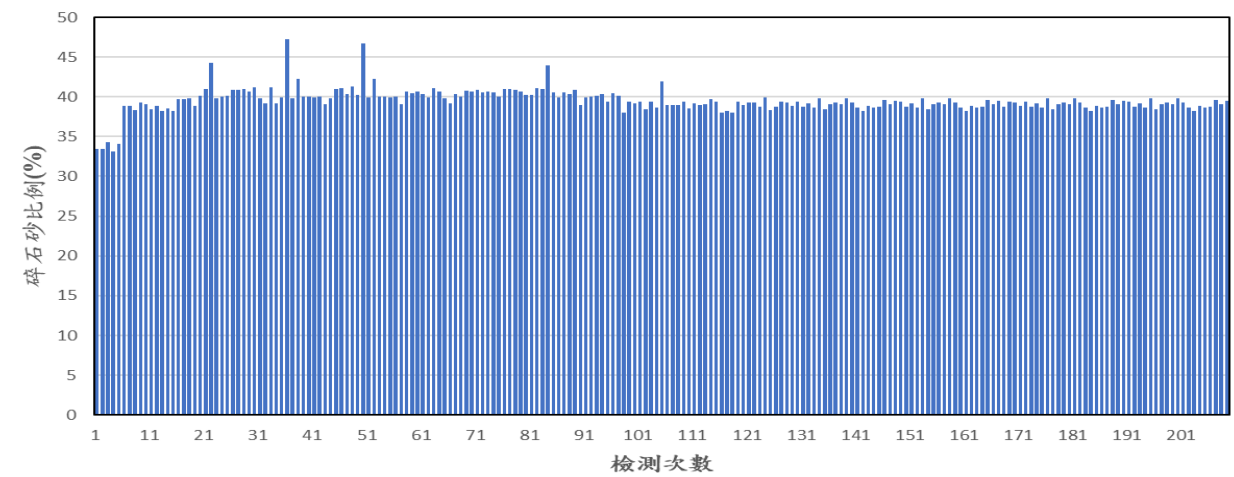
林園工業區-氧化碓60%



臨海工業區-氧化碓60%

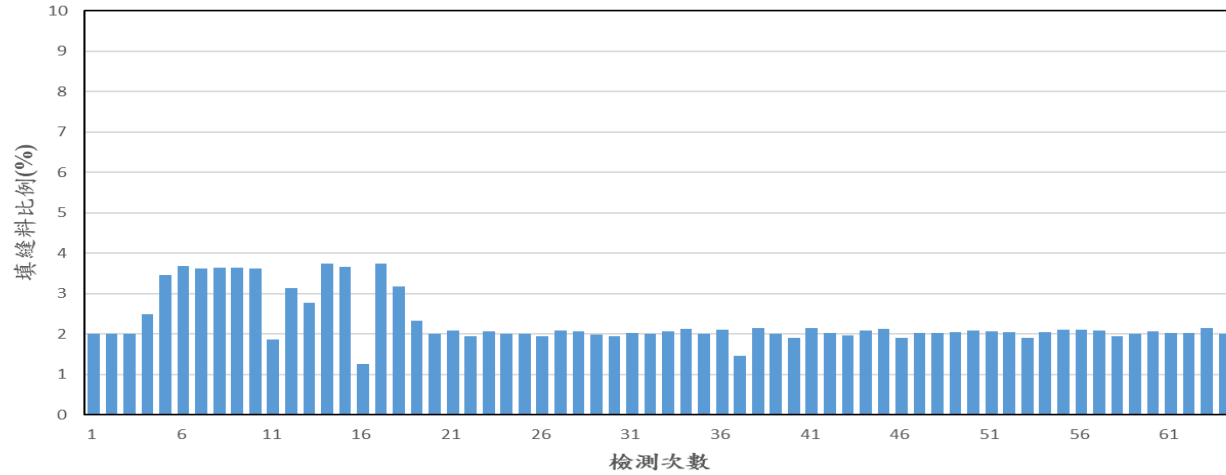


臨海工業區-氧化碓40%

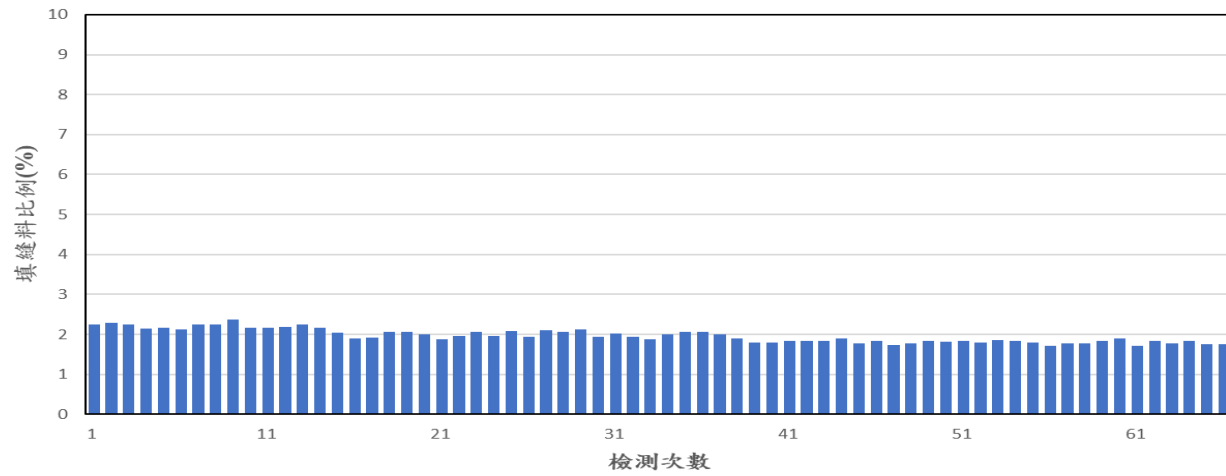


53 瀝青廠品質管控-填縫料比例監控

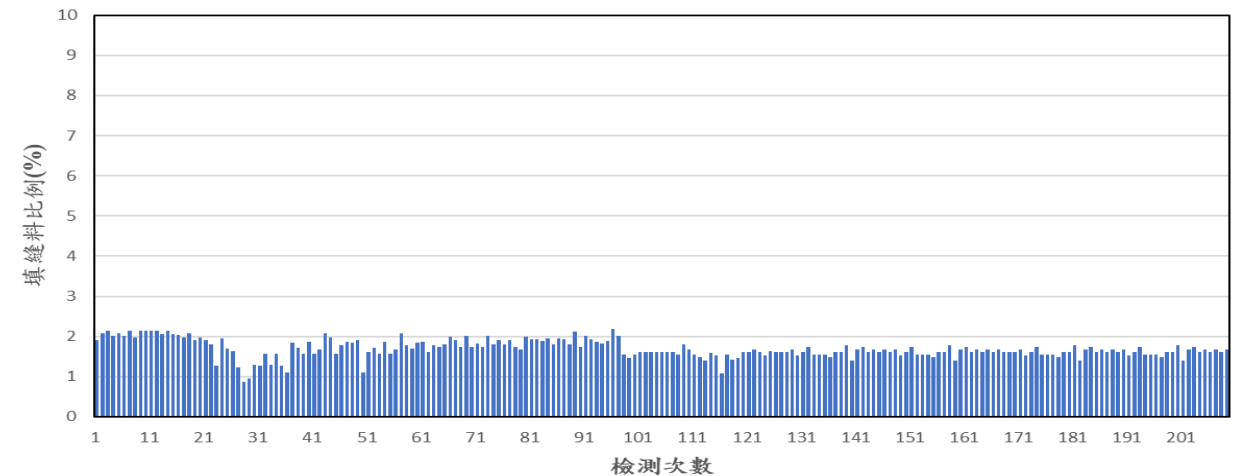
林園工業區-氧化碯60%



臨海工業區-氧化碯60%

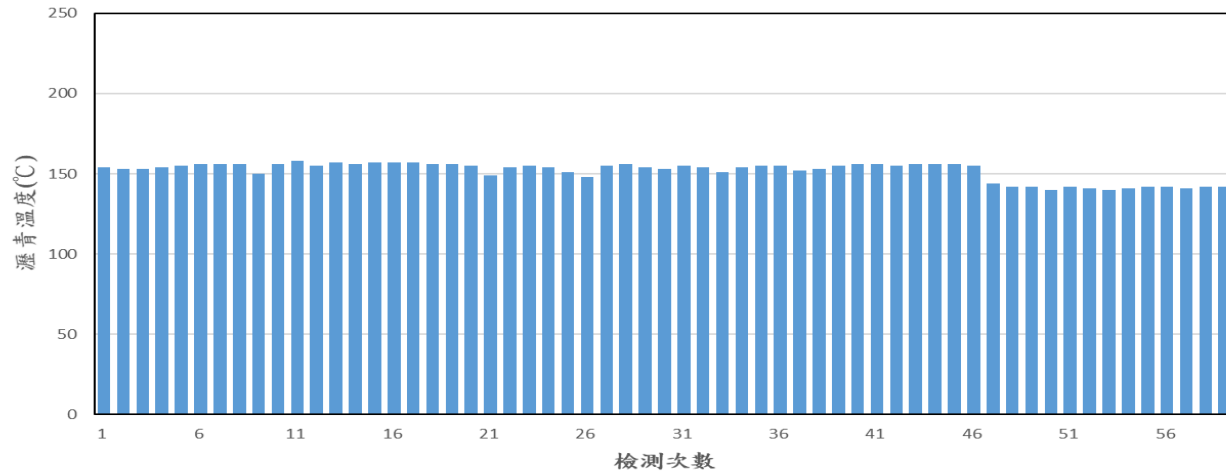


臨海工業區-氧化碯40%

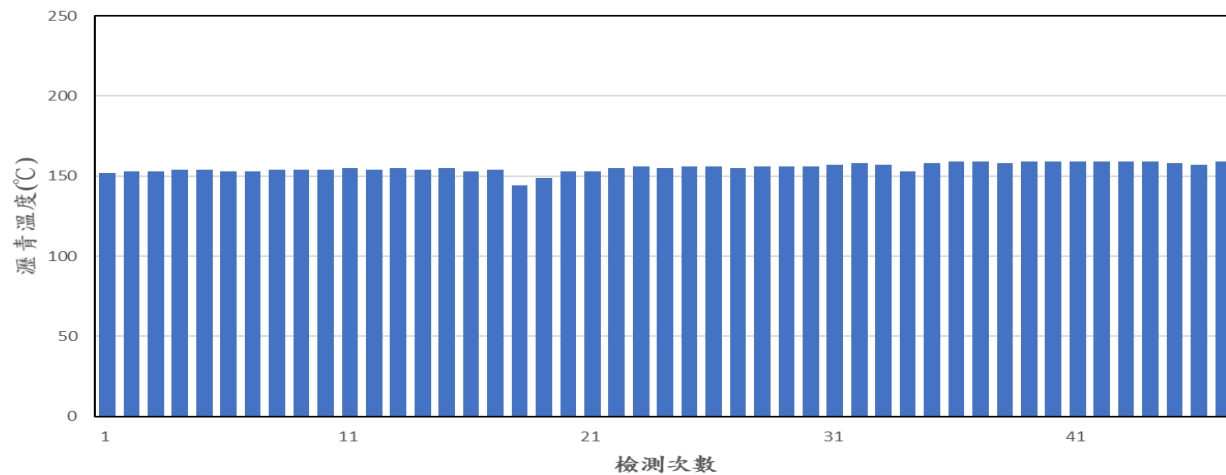


54 瀝青廠品質管控-瀝青溫度監控

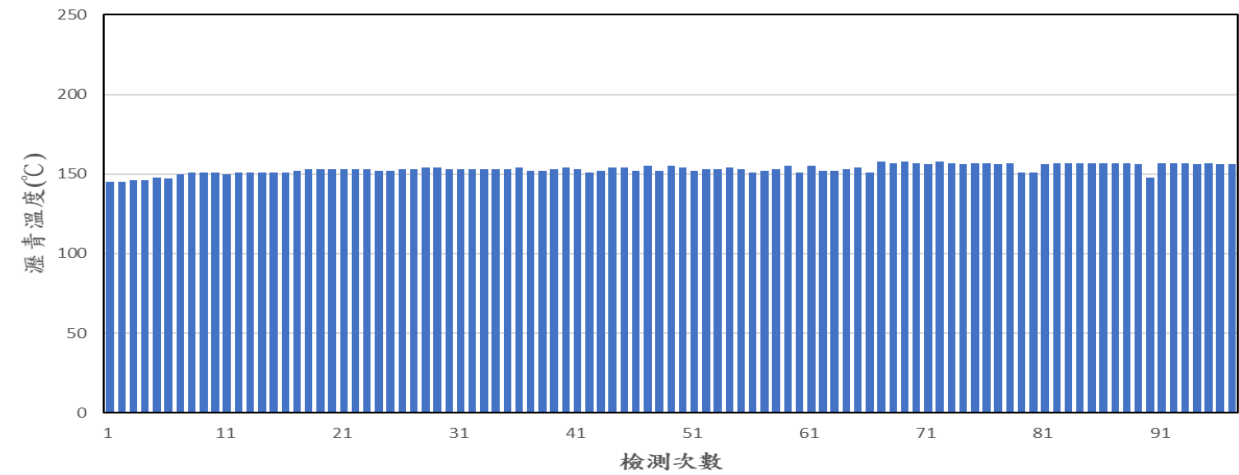
林園工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇60%

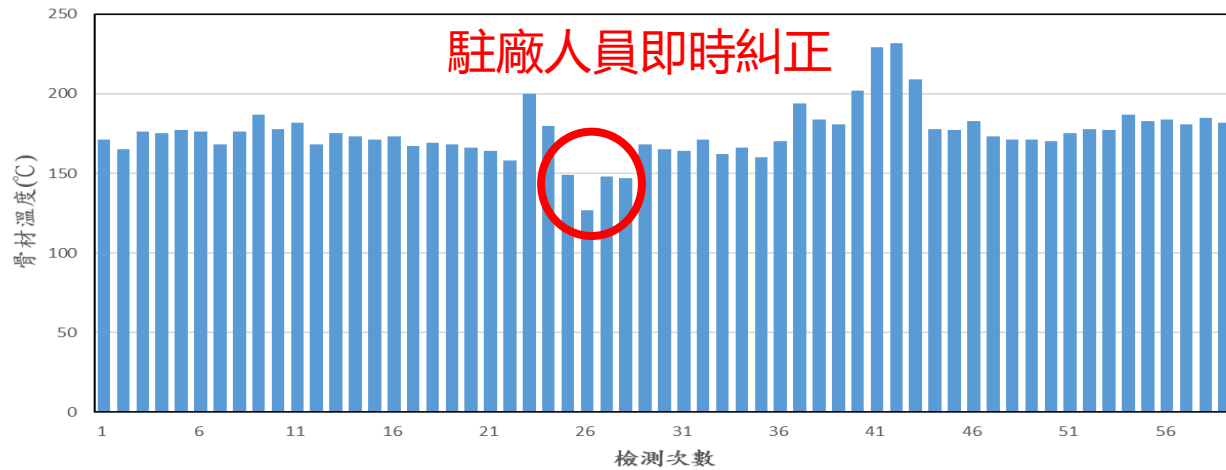


臨海工業區-氧化碇40%

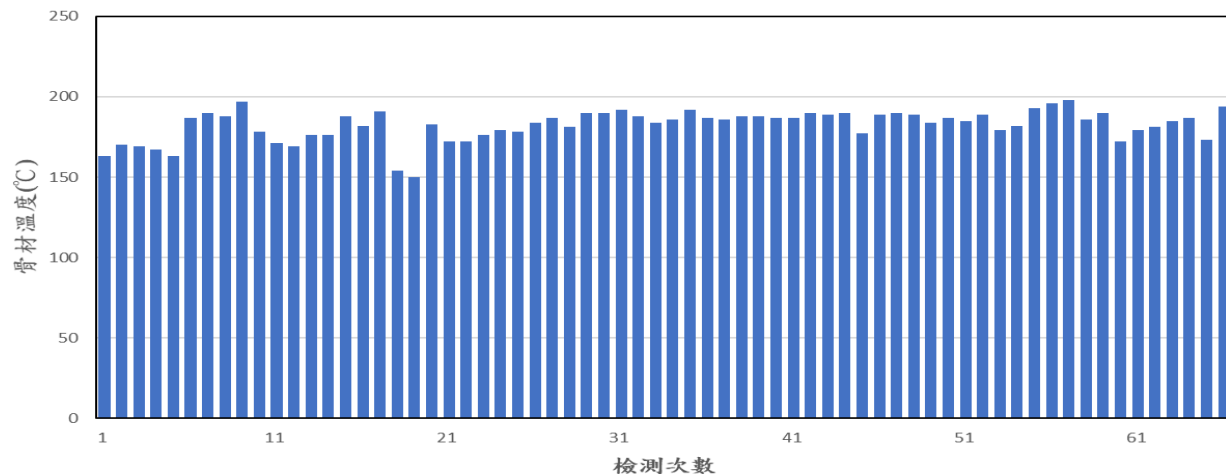


55 瀝青廠品質管控-骨材溫度監控

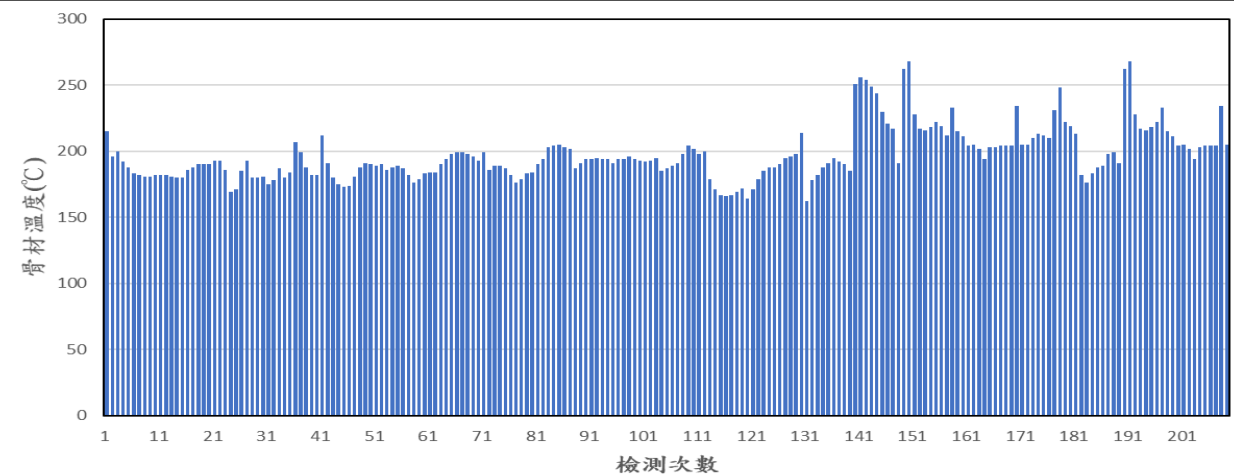
林園工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇60%

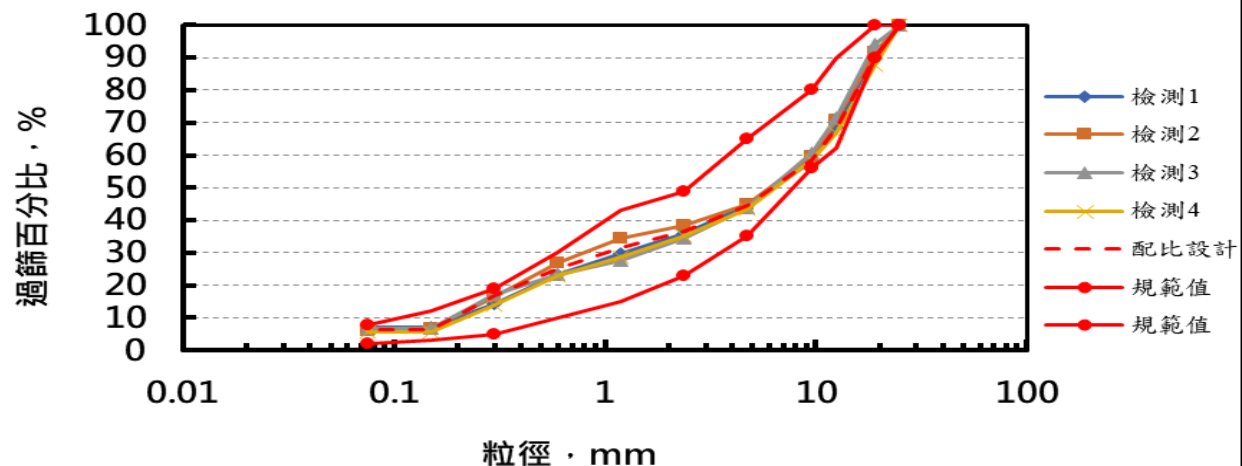


臨海工業區-氧化碇40%

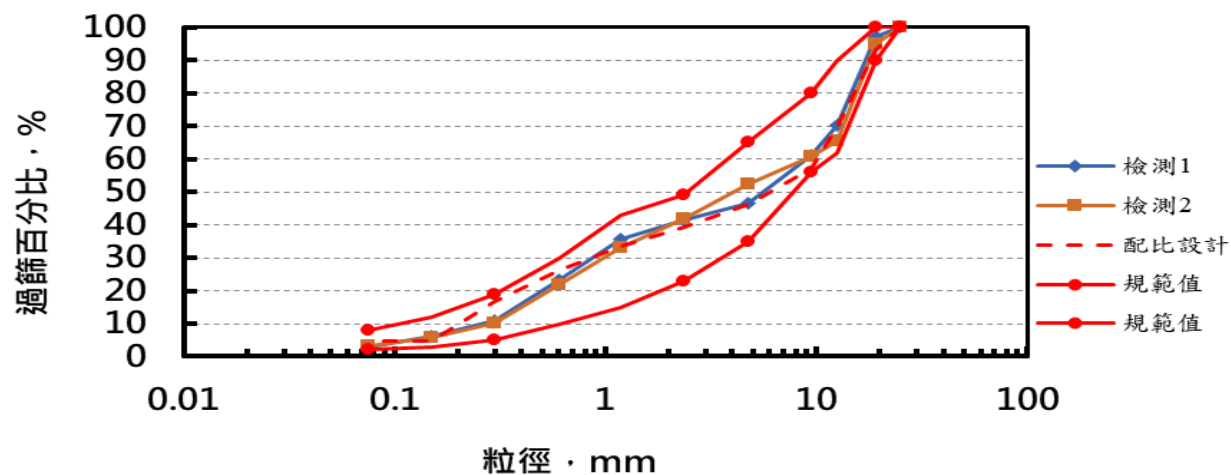


56 瀝青廠品質管控-洗油篩分析

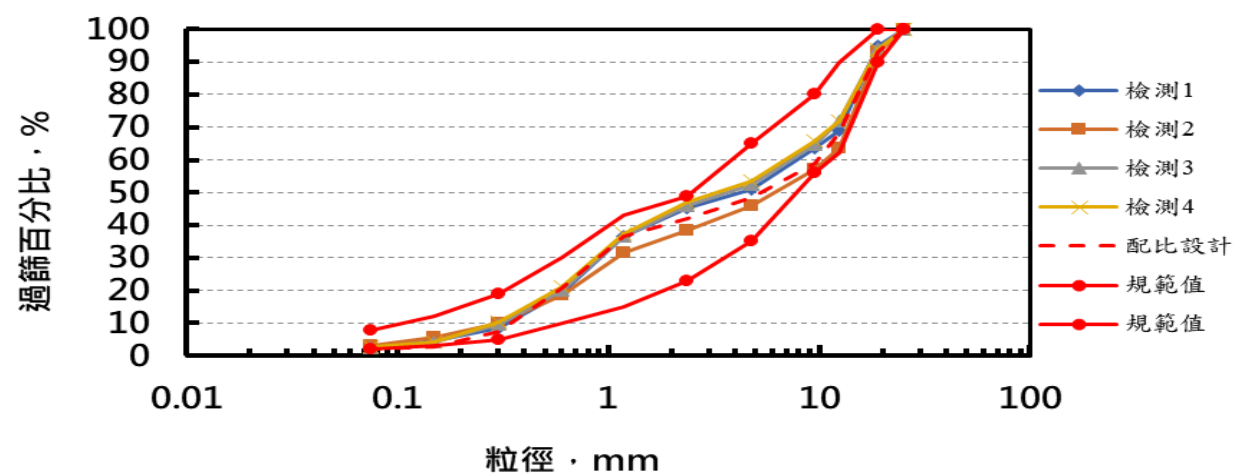
林園工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇60%

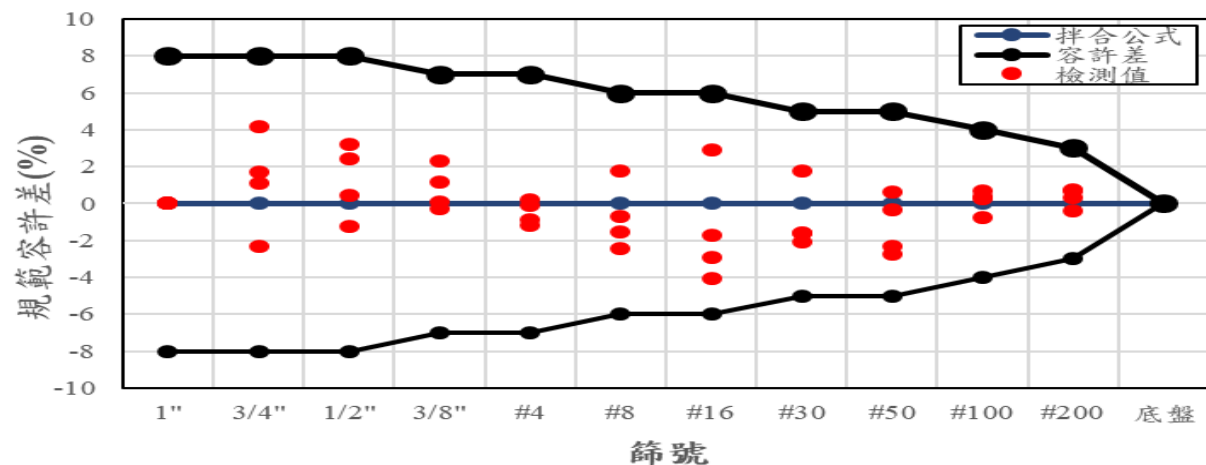


臨海工業區-氧化碇40%

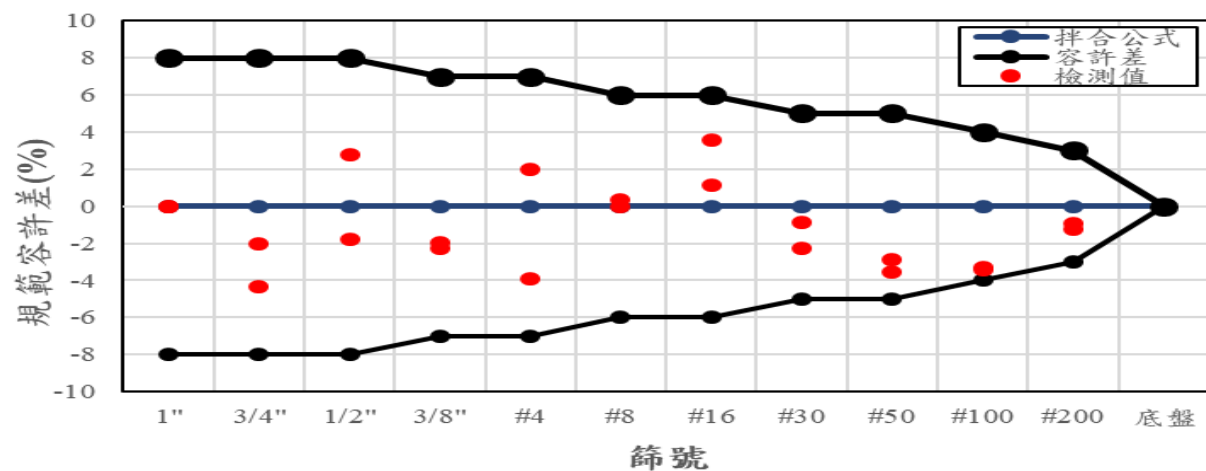


57 瀝青廠品質管控-篩分析容許差

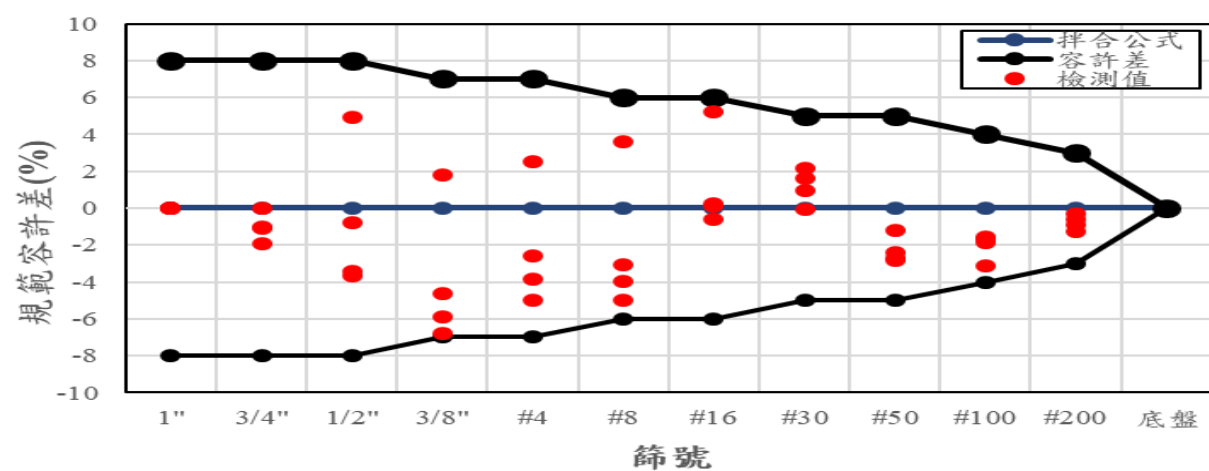
林園工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇60%

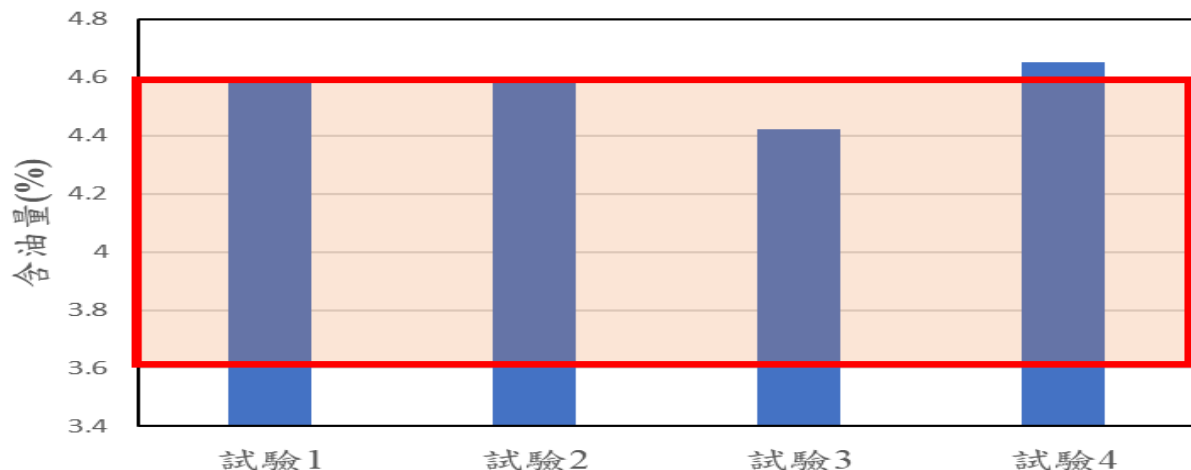


臨海工業區-氧化碇40%



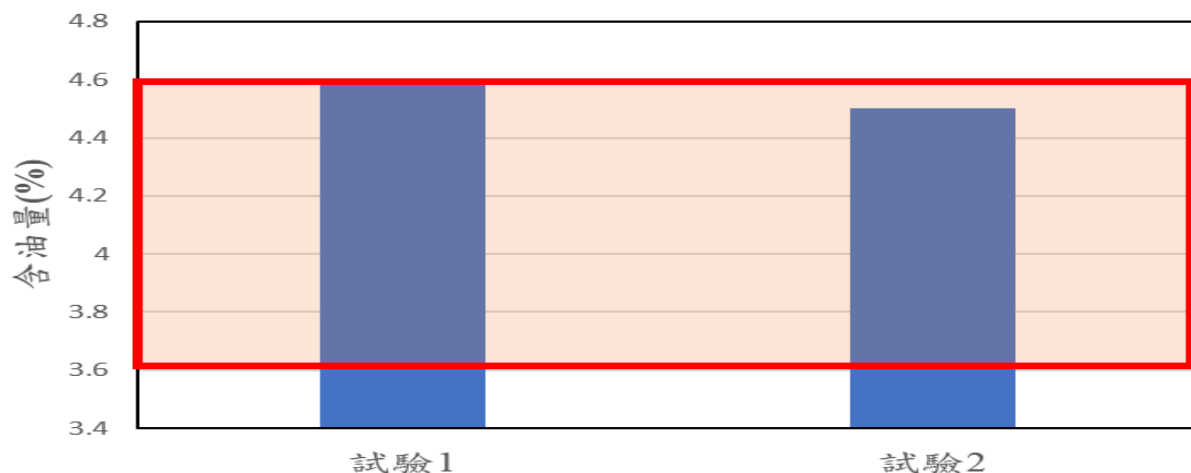
58 瀝青廠品質管控-含油量抽驗

林園工業區-氧化碇60%

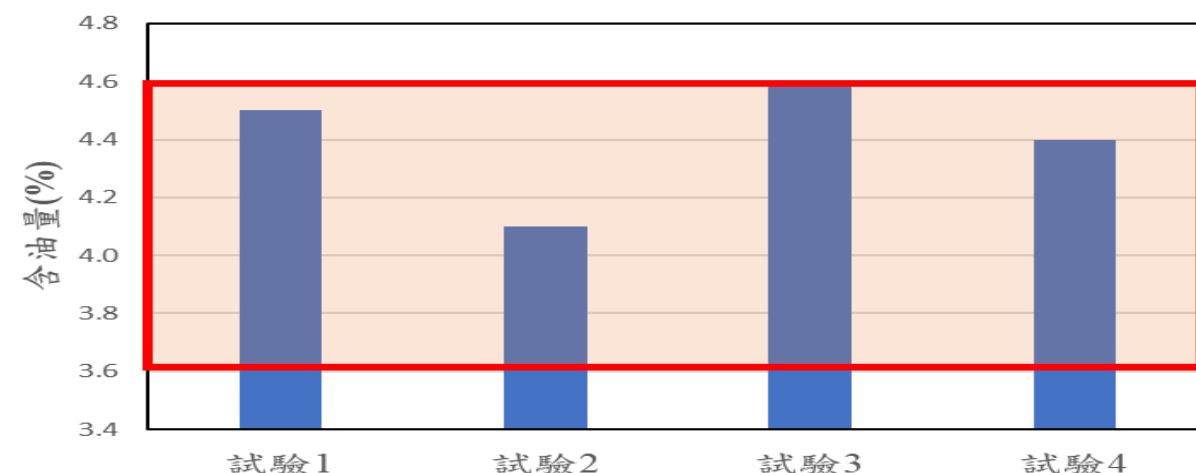


	林園工業區 氧化碇60%	臨海工業區 氧化碇60%	臨海工業區 氧化碇40%
配比設計 含油量(%)	4.5	4.5	4.6
試拌後 含油量(%)	4.1	4.1	4.2

臨海工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇40%



59 林園工業區-瀝青混凝土鋪築

黏油噴灑



瀝青混凝土鋪築



現地取樣



60 臨海工業區-瀝青混凝土鋪築

黏油噴灑



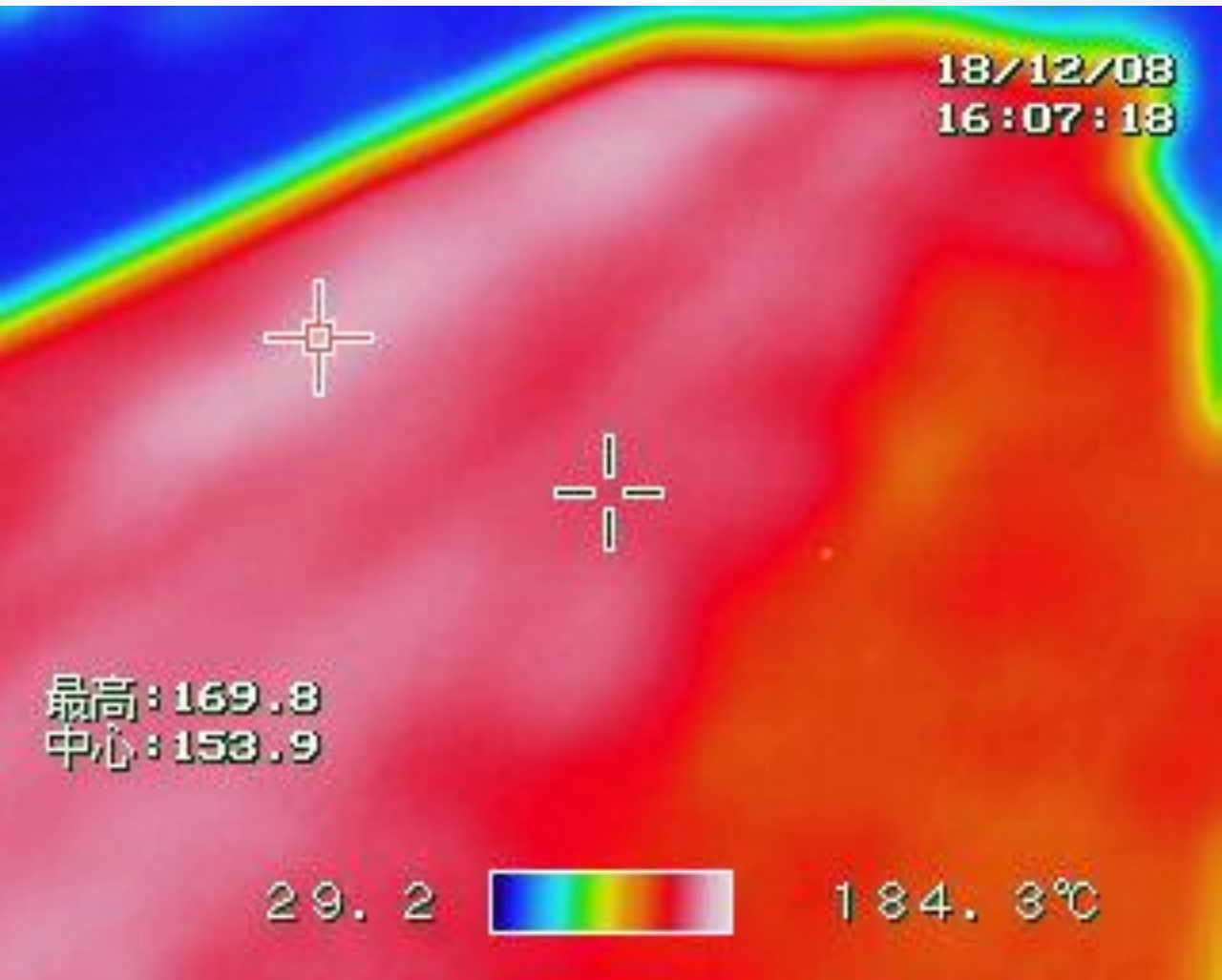
瀝青混凝土鋪築



溫度量測

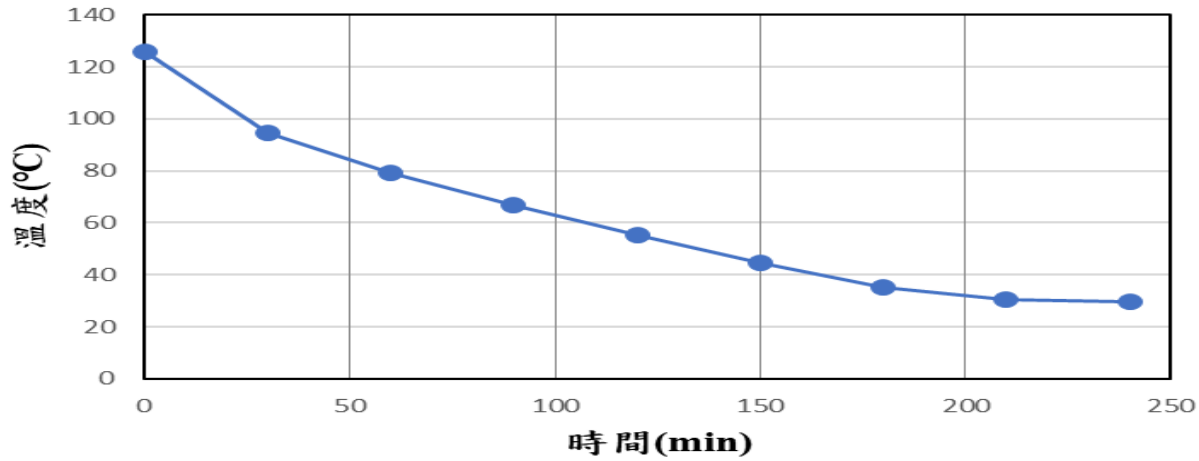


61 瀝青混凝土鋪築-熱影像

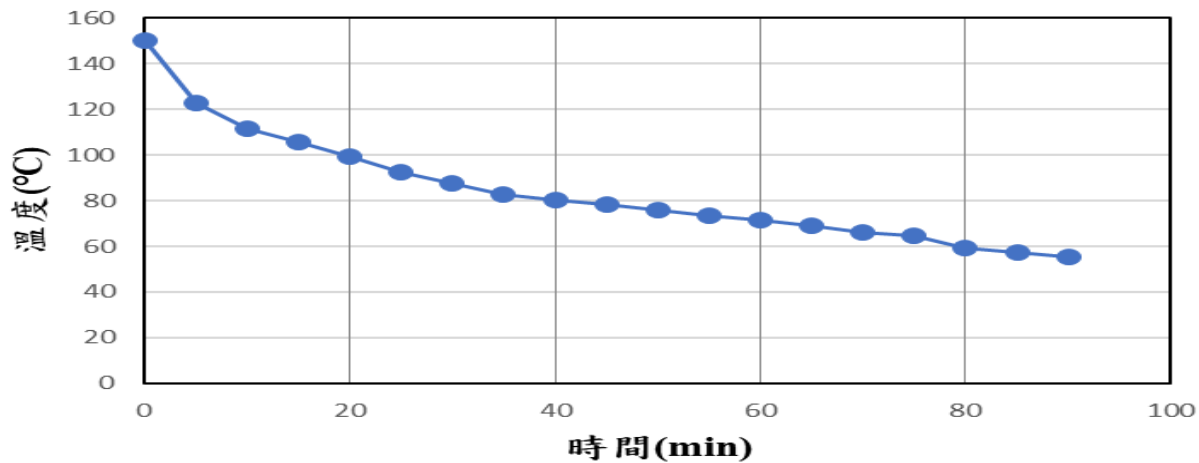


62 施工現地-瀝青混凝土降溫

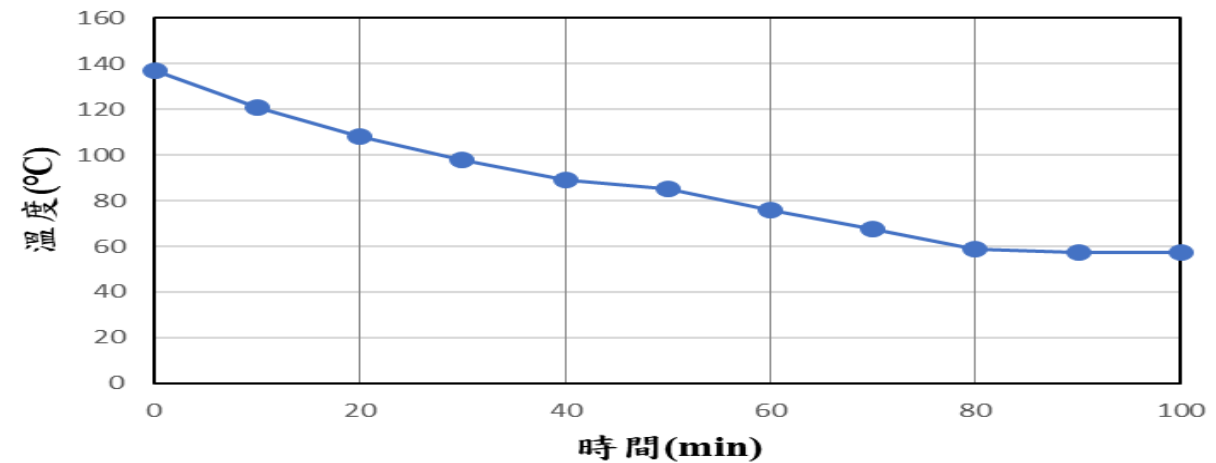
林園工業區-氧化碇60%



臨海工業區-氧化碇60%

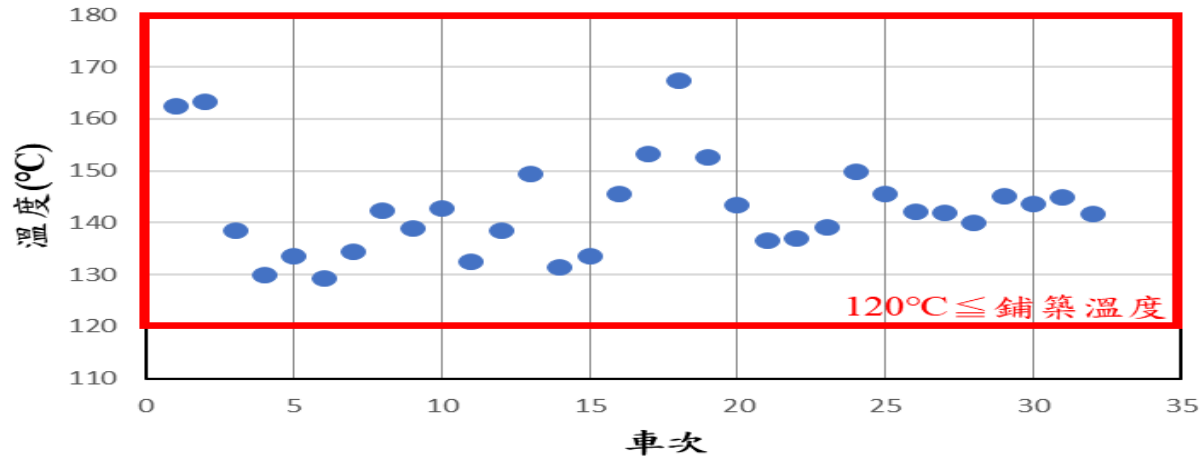


臨海工業區-氧化碇40%

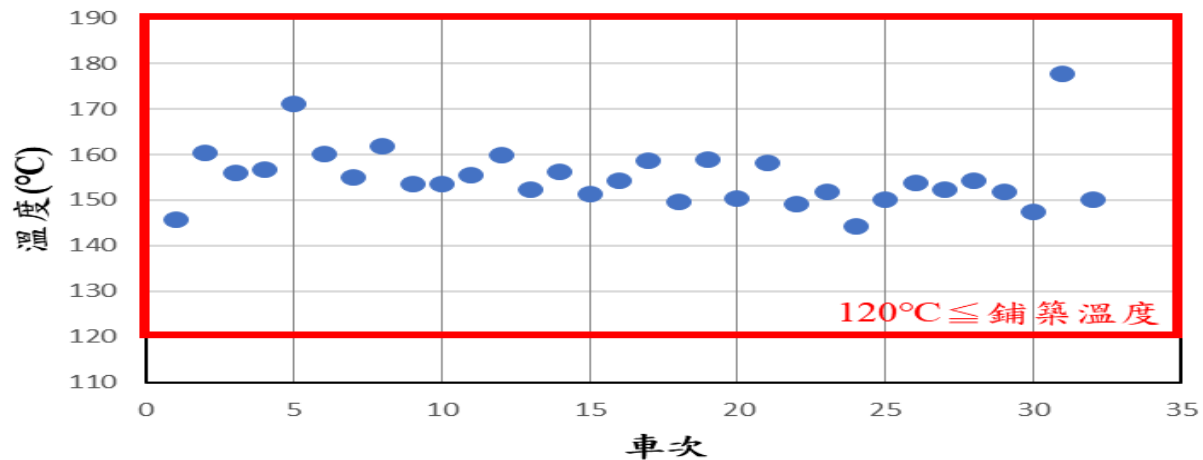


63 施工現地-瀝青混凝土鋪設溫度

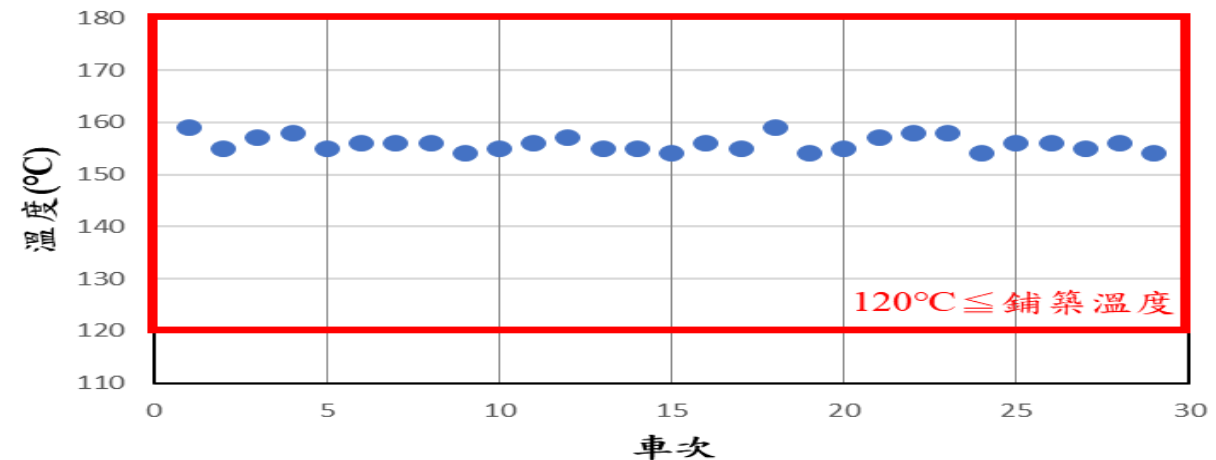
林園工業區-氧化矽60%



臨海工業區-氧化矽60%



臨海工業區-氧化矽40%



64 瀝青混凝土鋪築

粗壓



次(複)壓



終壓



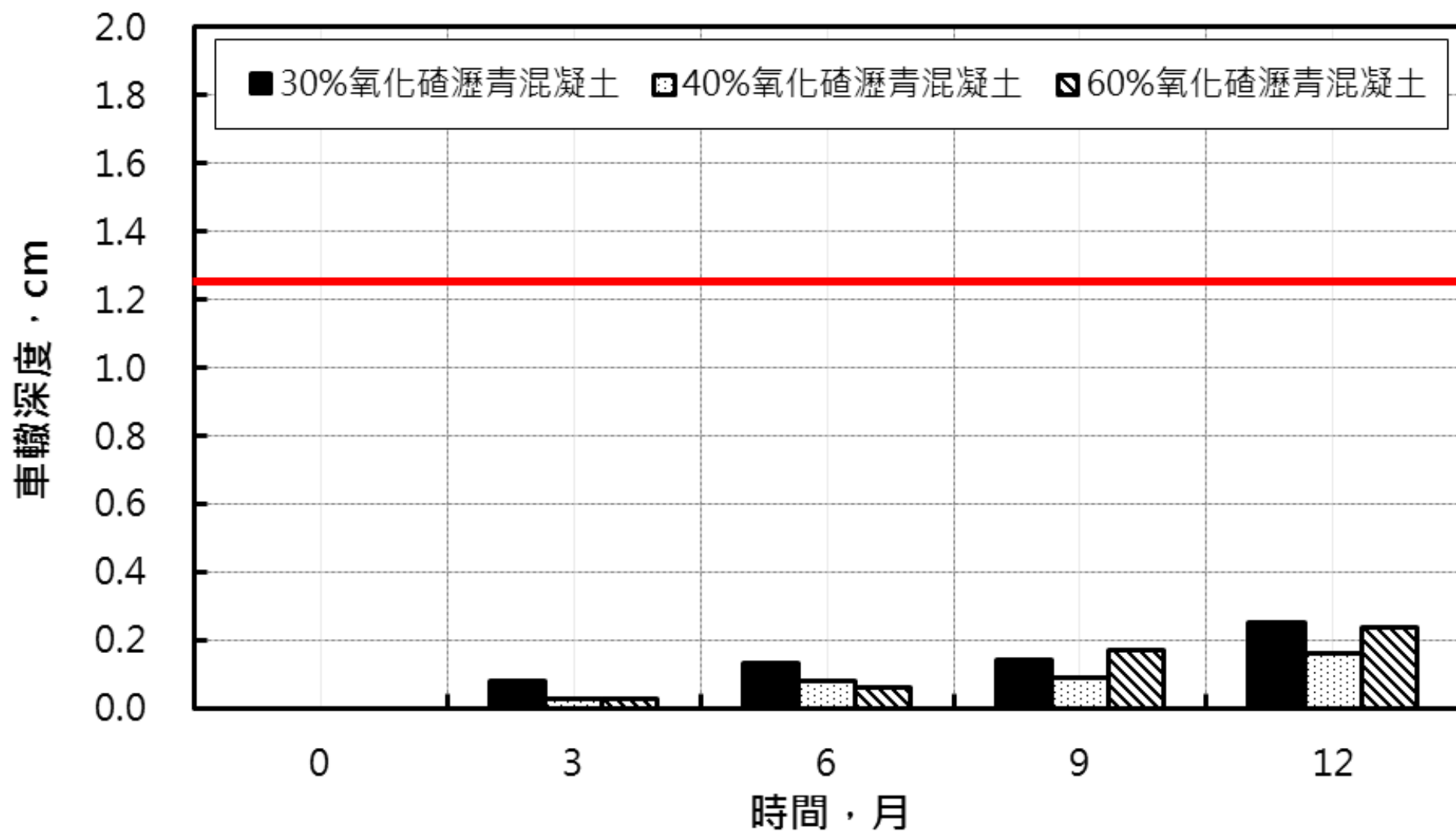
65 林園工業區-工業三路 施工完成



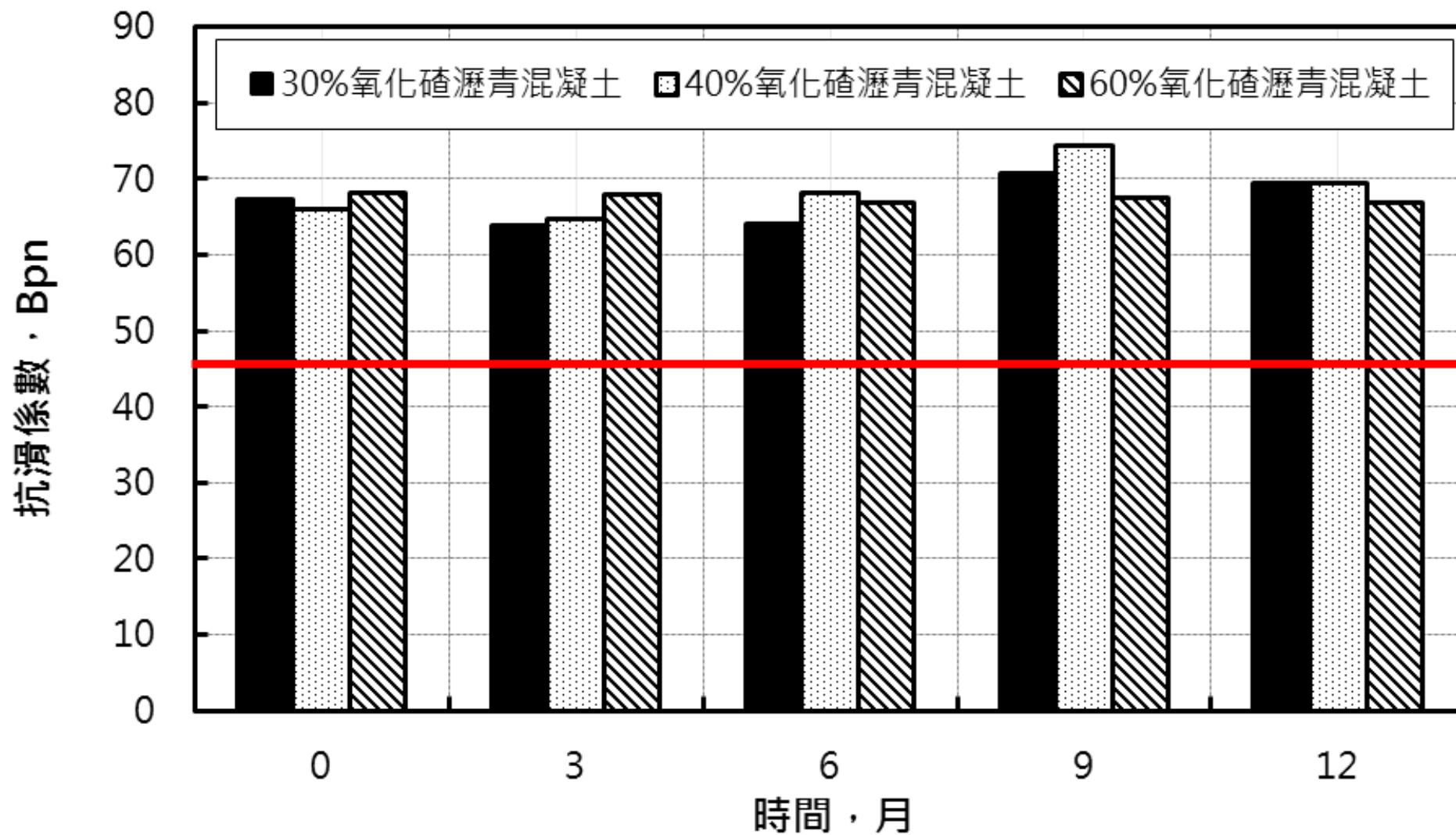
Part 5

相關不銹鋼氧化矽 鋪面追蹤

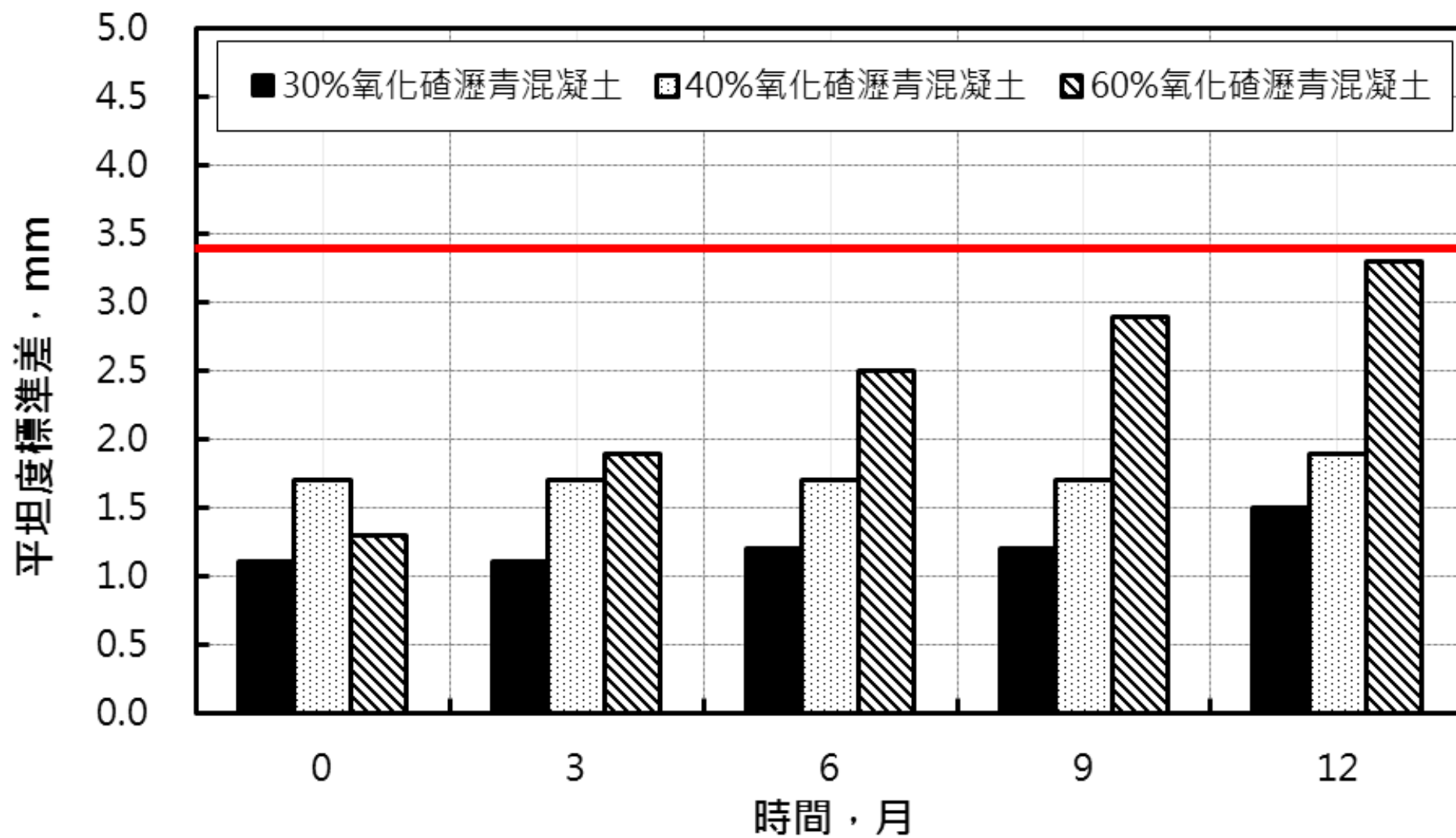
67 車轍試驗



68 抗滑試驗



69 平坦度試驗



70 公共工程施工綱要規範-第02742章

1.氧化碴定義:經電弧爐鍊鋼過程於氧化期所排出之熱熔碴經冷卻後則為氧化碴

2.使用鋼質粒料(氧化碴細粒料)時，須滿足以下規定:

- (a)依CNS 15310之規定，鋼質粒料須質地堅硬、緻密及耐磨，並具有與瀝青材料混合後，遇水而瀝青不致剝落之性能。
- (b)鋼質粒料(氧化碴細粒料)應依CNS 15311測試浸水膨脹比，其最終膨脹量須小於0.5%，始可進行再利用，須於供料計畫書提供。
- (c)鋼質粒料(氧化碴細粒料)供應商於工程進行前，應提送相關供料計畫書，內容應涵蓋陳述該供應鋼質粒料之品管作業、建議供料稽核方式、相關試驗方法等，經使用單位查證後方可供料。

3.使用氧化碴粒料取代天然粒料，則其使用料不得超過瀝青混合料重量之40%。

71 結論

- 將不銹鋼氧化碴粗粒料應用於瀝青混凝土能夠提升瀝青混凝土之穩定值，可提升道路品質。
- 不銹鋼氧化碴本身具有親油性質，因此能夠提升瀝青混凝土磨損及抗水分剝脫之能力。
- 含不銹鋼氧化碴細粒料之瀝青混凝土，研究發現其鋪面不會產生銹斑。
- 不銹鋼氧化碴粗粒料瀝青混凝土20%~60%有輕微銹斑，但仍可接受。



謝謝聆聽!!



義守大學
PRESENTED BY OfficePLUS
I-SHOU UNIVERSITY

OfficePLUS.cn