

鋼爐碴再生粒料應用工程配比 設計及施工品質管理

簡報者：黃隆昇

樹德科技大學 建築與室內設計研究所 教授

Email: sheng@stu.edu.tw

Line ID: 0912159589

演講人簡介

- 樹德科技大學 建築與室內設計研究所 教授
- 國立成功大學 土木工程碩士、博士
- 高雄市政府工務局股長、課長
- 交通部重大工程查核委員
- 中華鋪面工程學會主任委員、副秘書長
- 高雄市土木技師公會教育訓練委員會主任委員

鋼爐碴再應用依據

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，工程會鼓勵各部會及地方政府適材適所運用於工程。



產出及去化情形

垃圾
焚化爐

地方環
保單位

飛灰
約20萬噸/年

底渣
約90萬噸/年

屬有害事業廢棄物，由產出單位採水泥固化後掩埋處理，無需協助去化。

- 其性質吸水率高、氯離子含量較高、易脆裂磨損。
- 經處理後為焚化再生粒料。
- 環保署已完成使用手冊，可用在道路基層及CLSM。

- 106年，依環保署審查由地方自行去化77萬噸，中央協助去化13萬噸：
 - ✓ 因媒合部會、變更設計及環差等程序分配於106年使用1萬噸，107年續使用12萬噸。
 - ✓ 其中7萬噸需俟環差通過方可執行，已請交通部速提報，環保署提供行政協助。
- 107年，另依環保署後續審查結果協助。

高爐爐石
約300萬噸/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。

脫硫石
約45萬噸/年

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。

一貫作業
煉鋼製程

中鋼及中龍

轉爐石
約160萬噸/年

- 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。

電弧爐
煉鋼製程

19家業者

氧化渣
約110萬噸/年

- 其性質比重大、質地堅硬、有膨脹性、有鏽斑疑慮。
- 鋼鐵公會已研訂使用手冊初稿，待經濟部審查確認可行並發布正式使用手冊後，再媒合使用單位。

還原渣
約30萬噸/年

因具膨脹性，安定化技術仍在發展中且無使用手冊，尚無法協助去化。

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

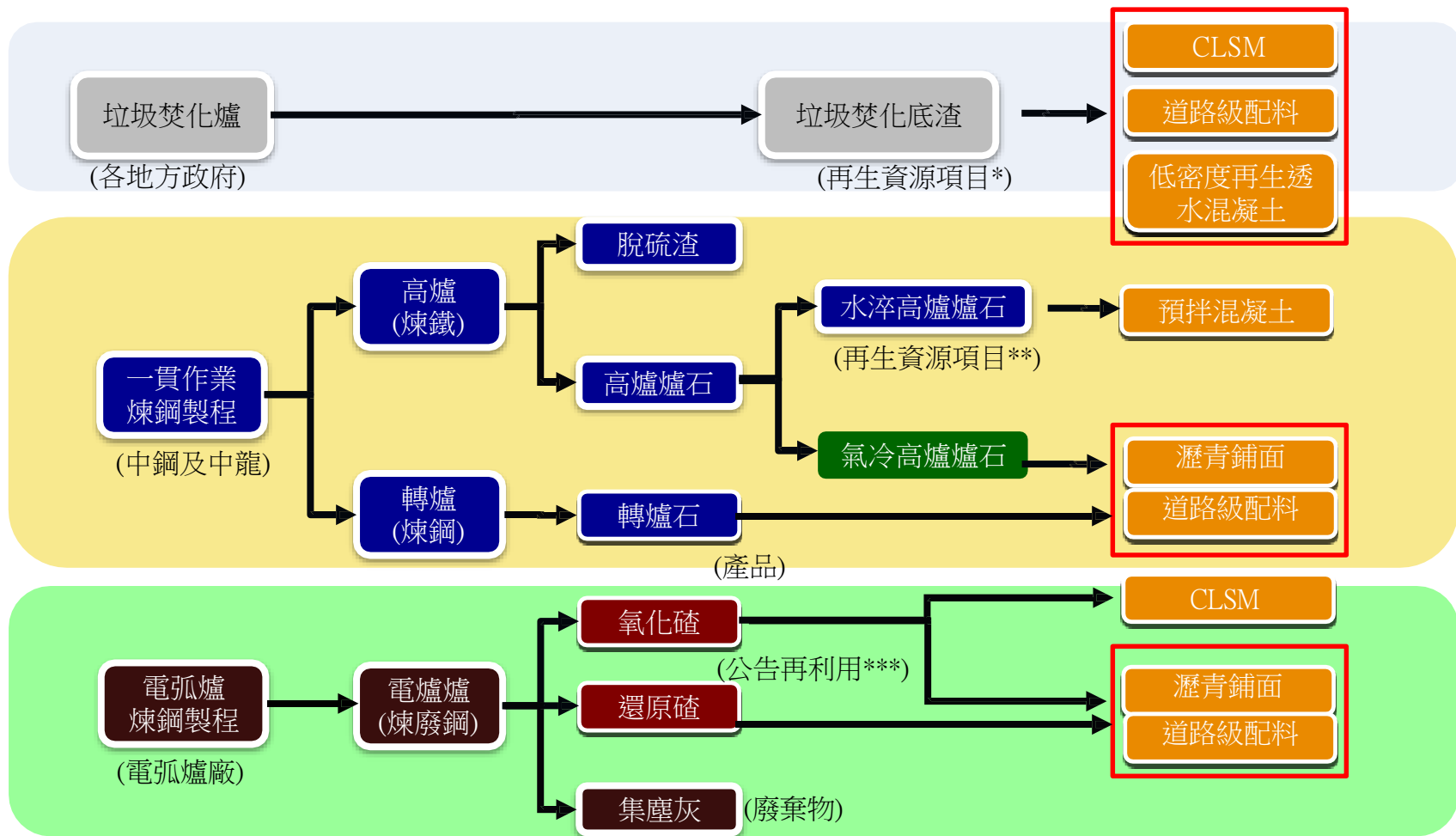
策略

- 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

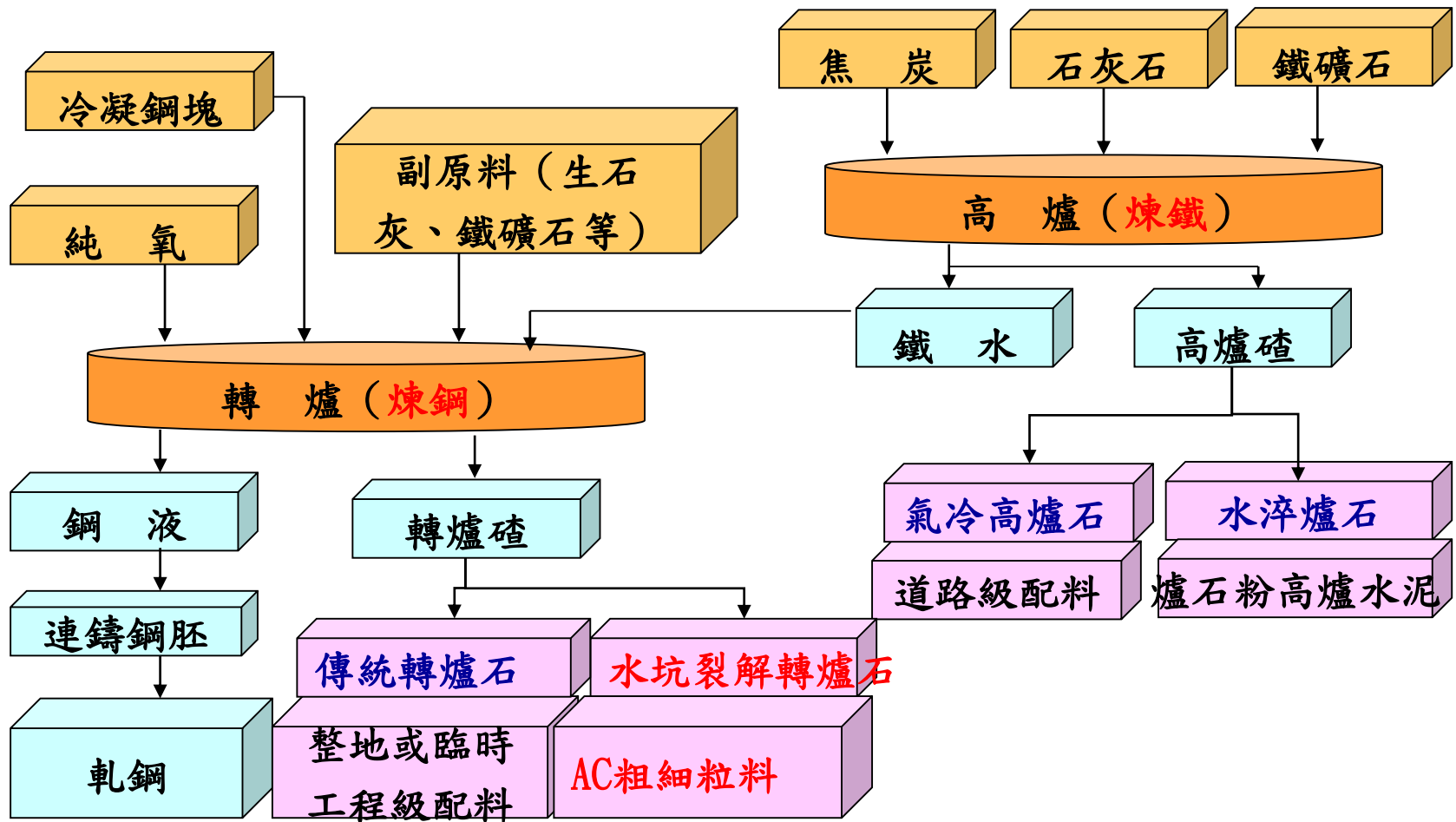
種類繁多，造成機關容易誤用或不合法使用



*環保署垃圾焚化廠焚化底渣再利用管理方式 **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

一貫作業煉鋼流程



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



爐石填海造陸 竟變詭異藍海

高雄市南星計劃區遊艇產業專區正在填海造陸，使用煉鋼爐石做為填海材料，最近海水卻變成怪異藍湖，負責填築工程的高市環保局強調，爐石是無害事業廢棄物，持續監測安全無虞，但環保團體擔心爐石可能含戴奧辛，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，



蘋果日報



新聞搜尋

熱門新聞 »

- 警察娶老師 紅單炸親友
- 超速吊照3月罰8千 依法
- 世紀危機！台塑被控詐

氧化矽法源依據、規範

國家許可使用標準

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

氧化碓法源依據、規範

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

氧化碓應用於瀝青混凝土鋪面使用手冊

氧化碓應用於控制性低強度回填材料使用手冊

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國家許可使用標準

產業發展趨勢

- 鑑於工程單位對電弧爐煉鋼爐渣（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，為暢通電弧爐爐渣再利用產品通路，建立使用者信心，
- ✓工業局自105年開始推動氧化渣瀝青混凝土鋪面試辦工程。
- ✓以驗證氧化渣粒料替代天然粒料應用於瀝青混凝土鋪面之可行性，拓展氧化渣再利用產品用於公共工程之管道。

材料回收再利用、再使用、再生利用

- **回收再利用**：指再生資源再使用或再生利用之行為。
- **再使用**：指未改變原物質形態，將再生資源直接重複使用或經過適當程序恢復原功用或部分功用後使用之行為。
- **再生利用**：指改變原物質形態或與其他物質結合，供作為材料、燃料、肥料、飼料、填料、土壤改良等用途或其他經中央目的事業主管機關認定之用途，使再生資源產生功用之行為。

資源再生利用

- 「資源回收法」定義之「再生資源」
- 再生資源：指原效用減失之物質，具經濟及回收再利用技術可行性，並依法公告或核准再使用或再生利用者

資源再生利用

- 道路工程為所有產業使用天然資源與材料較多
- 再生資源材料性能可比天然資源佳
- 再生資源材料可容納數量龐大的事業廢棄物，減輕環境污染疑慮



資源再生利用

資源適才適所，創造循環經濟



事業廢棄物？產品？

- 電弧爐碴之氧化碴、還原碴，由經濟部列為「公告再利用」之事業廢棄物

氧化碲用於彰濱工業區道路之研究



Part 1 基本物性試驗

Part 2 氧化矽級配料配比設計

Part 3 試驗道路鋪築與品管

Part 1

基本性質試驗

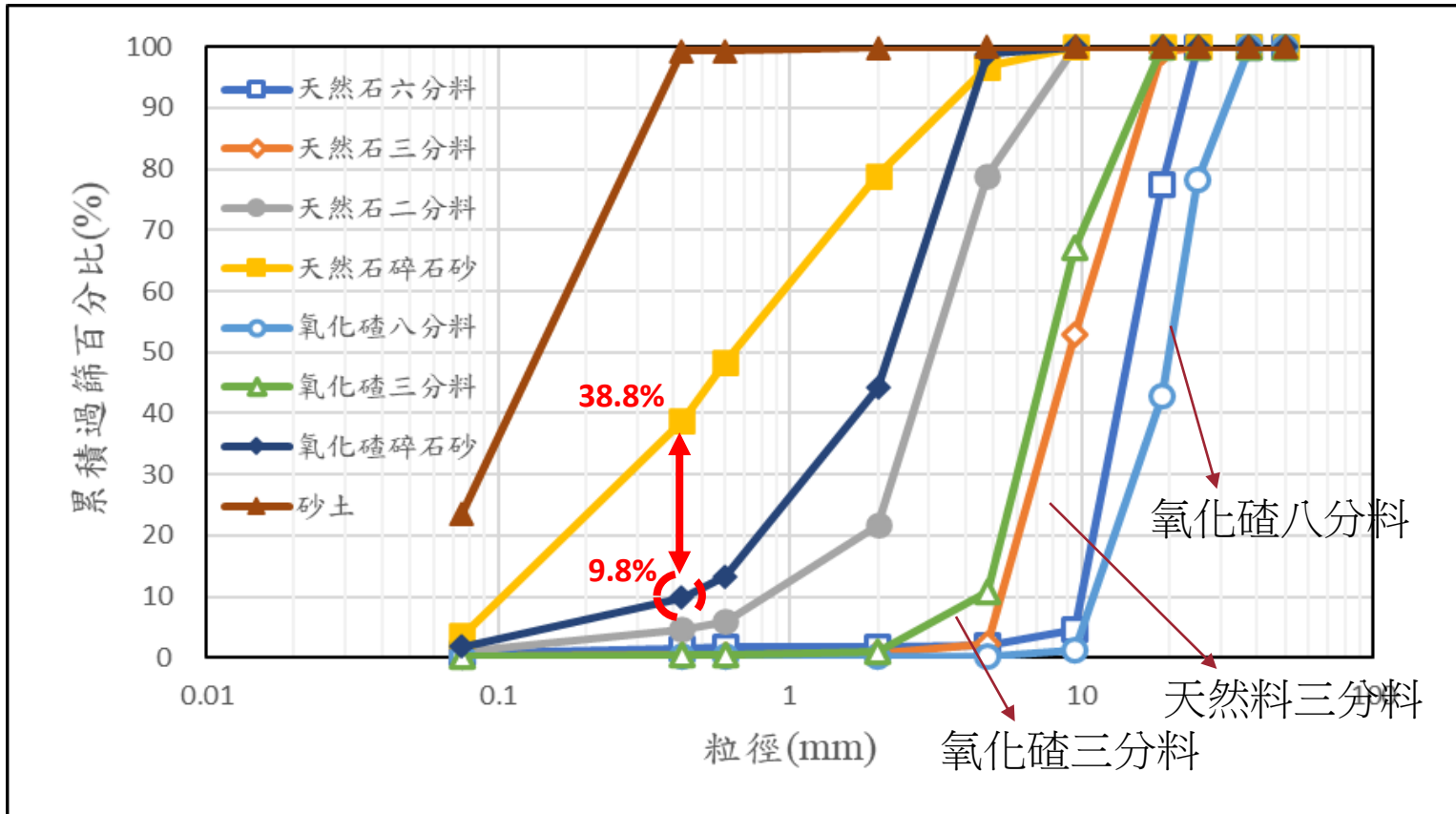


粒料基本性質

	天然粒料 六分料	氧化碯 八分料	天然粒料 三分料	氧化碯 三分料	天然粒料 碎石砂	氧化碯 碎石砂	砂土	規範 值	試驗 方法
比重	2.61	3.67	2.61	3.74	2.63	3.81	2.62	>1.5	CNS487 CNS488
吸水率 (%)	0.99	1.20	1.21	1.60	2.31	2.50	2.60	<25	CNS487 CNS488
健度試驗 (%)	0.75	0.30	1.61	0.34				<12	CNS1167
					1.80	0.84	-	<15	
磨損率 (%)	19.3	12.0	21.6	11.4	-	-	-	<50	CNS490
扁平率 (%)	3.4	1.6	3.3	1.2	-	-	-	<10	CNS1517 1
含砂當量 (%)	-	-	-	-	85.71	88.83	-	≥50	CNS1534 6
pH值	7.88	10.22	7.95	10.48	8.16	9.78	-	<12.5	NIEA R208.03C

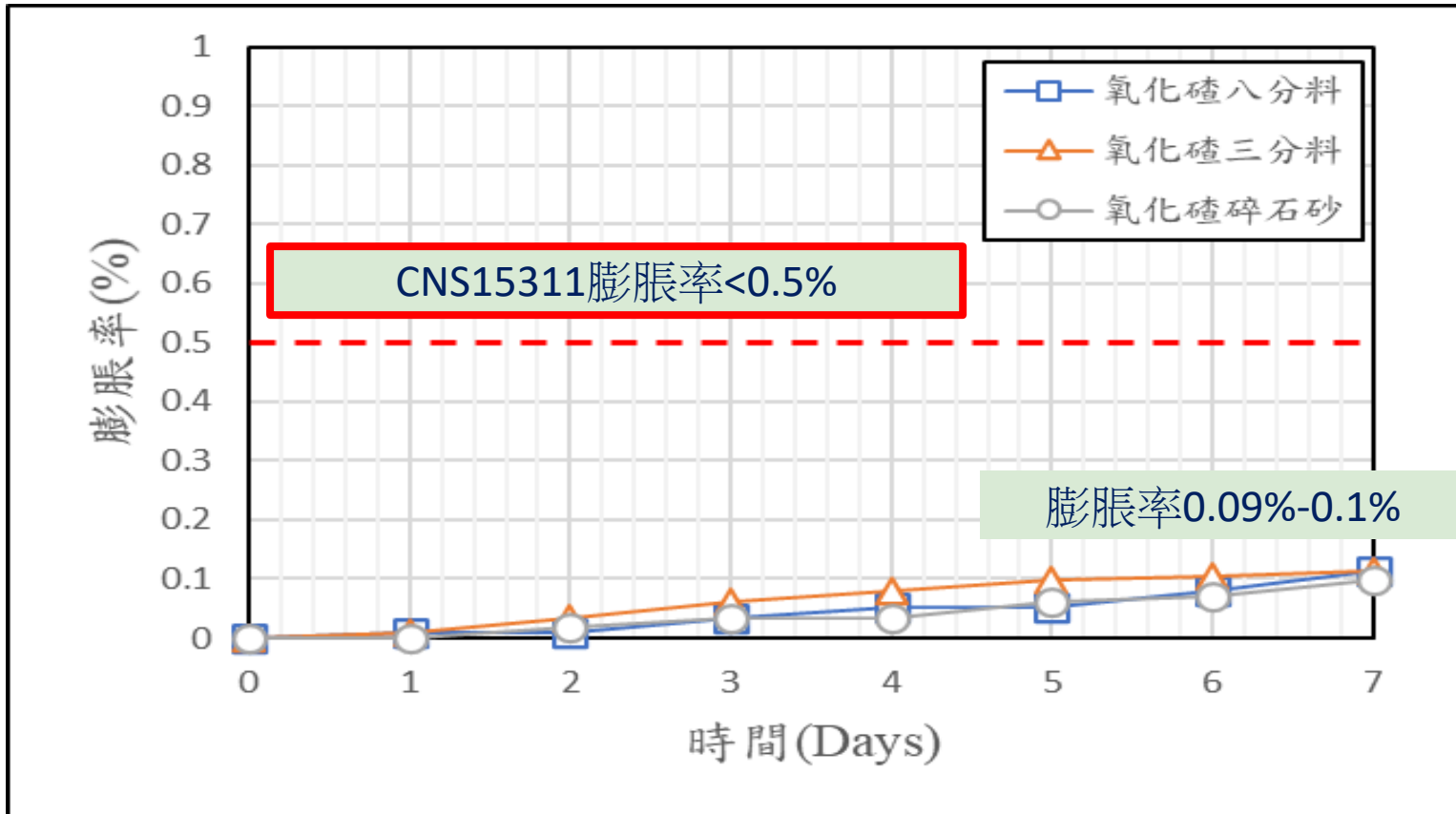
氧化碯比重、吸水率比天然粒料高
pH值符合經濟部事業廢棄物再利用管理辦法

篩分析試驗

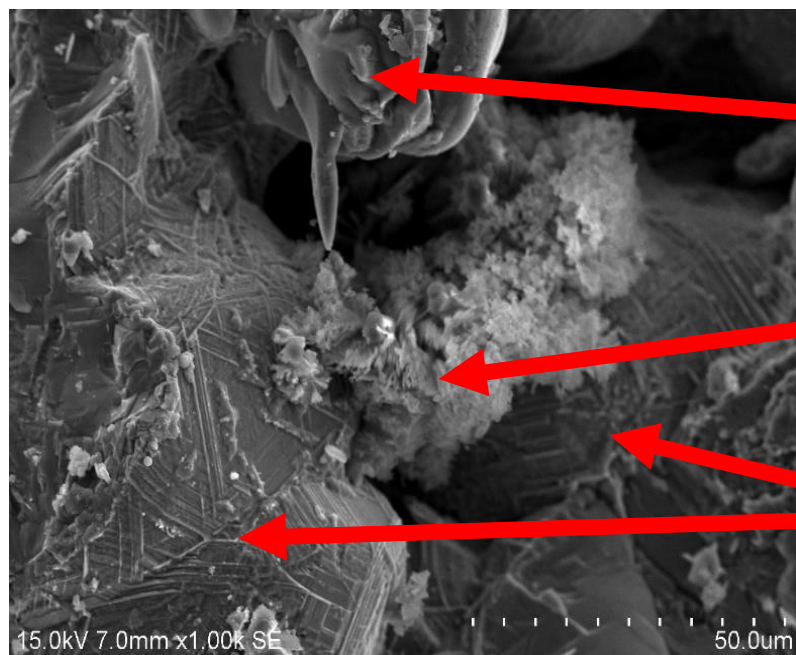


氧化礫碎石砂與天然石碎石砂相比
粒徑偏粗，注意使用比例，避免整體粒徑過大

膨脹試驗



氧化碯之微觀試驗(SEM、EDS、TCLP)



矽酸鈣

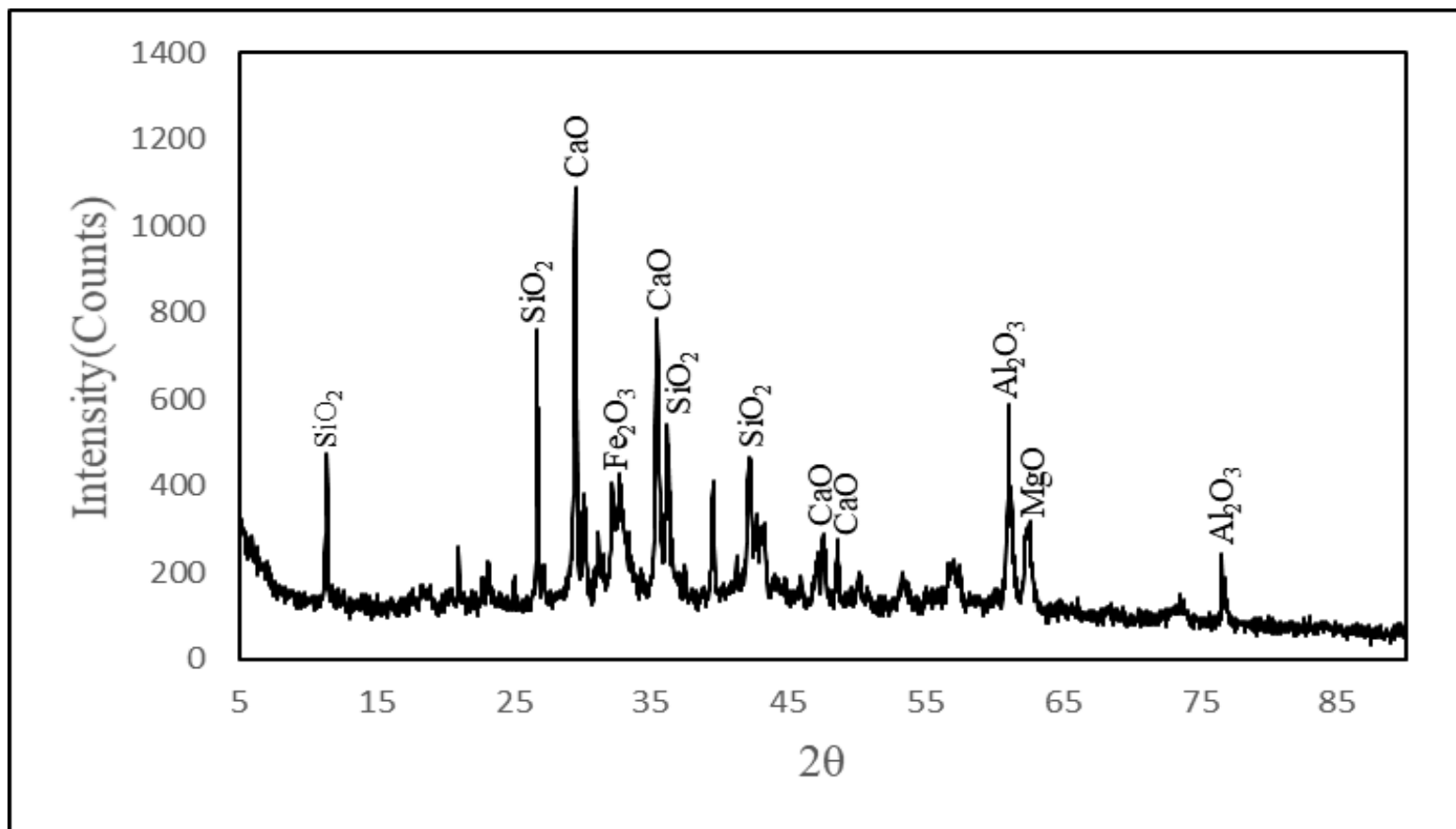
氧化鈣

氧化鐵
導致比重高

	Weight, %	Atomic, %
O	35.64	61.89
Mg	0.92	1.05
Al	1.80	1.86
Si	5.12	5.06
Ca	14.05	9.74
Fe	38.75	19.28
Zr	3.72	1.13

項目	As	Hg	Ba	Cd	Cr	Cu	Pb	Se	Cr ⁶⁺
TCLP (mg/L)	ND	ND	0.425	0.029	0.112	ND	0.279	0.034	ND
標準值	0.4	0.016	10	0.8	4	12	4	0.8	0.2

氧化碓之微觀試驗(XRD)



Part 2

氧化碯級配料 配比設計



氧化碓級配料-配比設計

氧化碓 取代量	天然粒料 六分料	氧化碓 八分料	天然粒料 三分料	氧化碓 三分料	天然粒料 二分料	天然粒料 粗砂	氧化碓 碎石砂	天然粒料 細砂
0%	40%	0%	10%	0%	15%	30%	0%	5%
20%	20%	20%	10%	0%	15%	30%	0%	5%
40%	0%	40%	10%	0%	15%	30%	0%	5%
60%	0%	40%	0%	10%	5%	30%	10%	5%
80%	0%	40%	0%	10%	0%	15%	30%	5%
95%	0%	40%	0%	10%	0%	0%	45%	5%

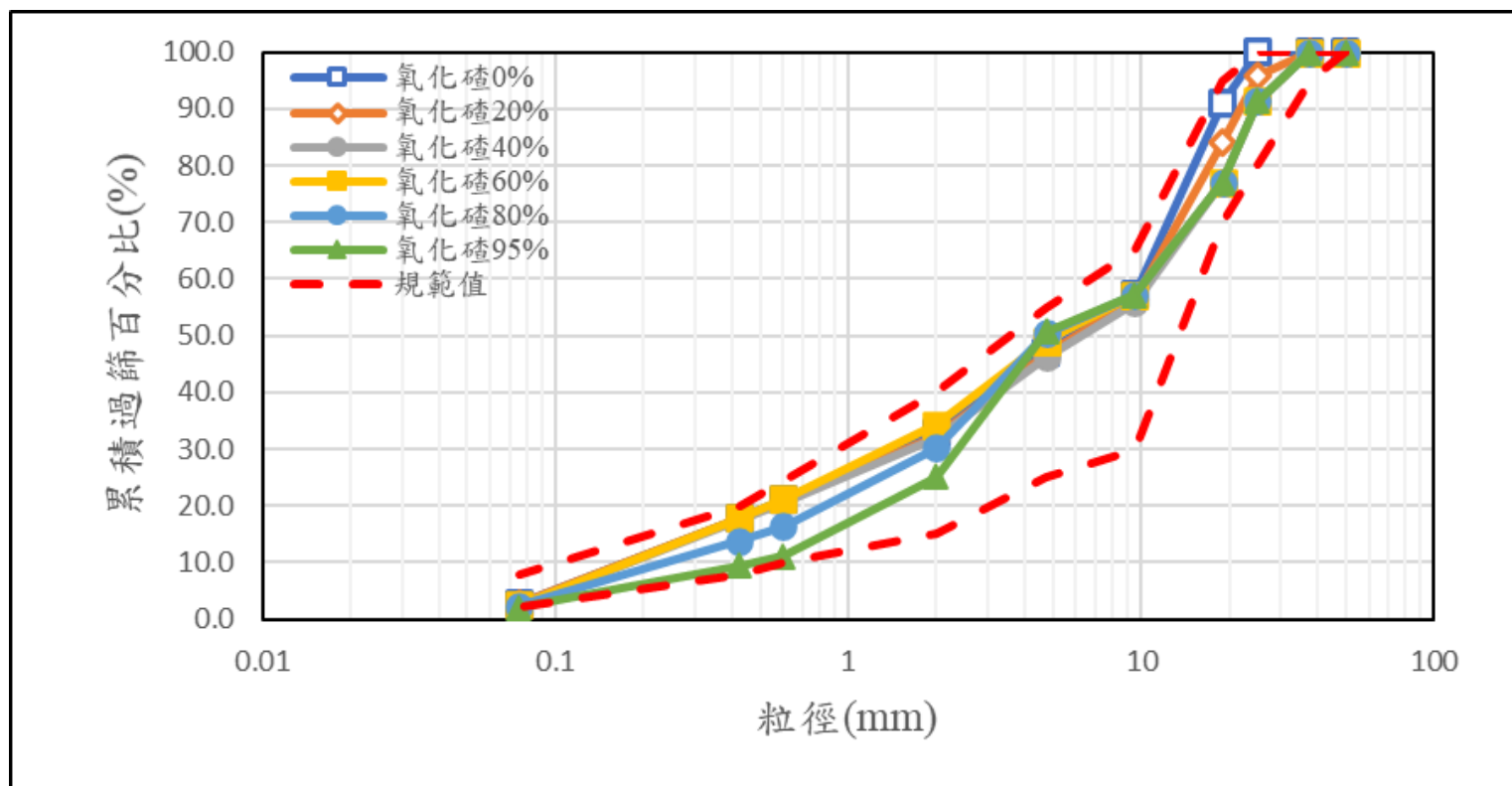
- ✓ 設計取代量0-40%，可以氧化碓八分料直接取代
- ✓ 設計取代量40%以上，取氧化碓八分料40%、剩餘以氧化碓碎石砂取代，再搭配氧化碓三分料

氧化碯級配料-級配曲線

替代型 (inch)	標準型 (mm)	取代量 0%	取代量 20%	取代量 40%	取代量 60%	取代量 80%	取代量 95%	規範值 上限	規範值 下限
2"	50	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1 1/2"	37.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	-	
1"	25	100.0	95.7	91.3	91.3	91.3	91.3	-	
3/4"	19	90.9	84.0	77.0	77.1	77.1	77.1	-	
3/8"	9.5	57.2	56.5	55.8	57.2	57.2	57.2	65	30
#4	4.75	46.9	46.6	46.2	49.1	50.4	50.7	55	25
#10	2	32.7	32.4	32.1	34.3	30.3	25.0	40	15
#30	0.6	21.1	20.8	20.5	21.3	16.4	11.1	-	
#40	0.425	17.9	17.7	17.4	17.9	13.9	9.5	20	8
#200	0.075	2.8	2.6	2.5	2.6	2.3	2.1	8	2
底	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	

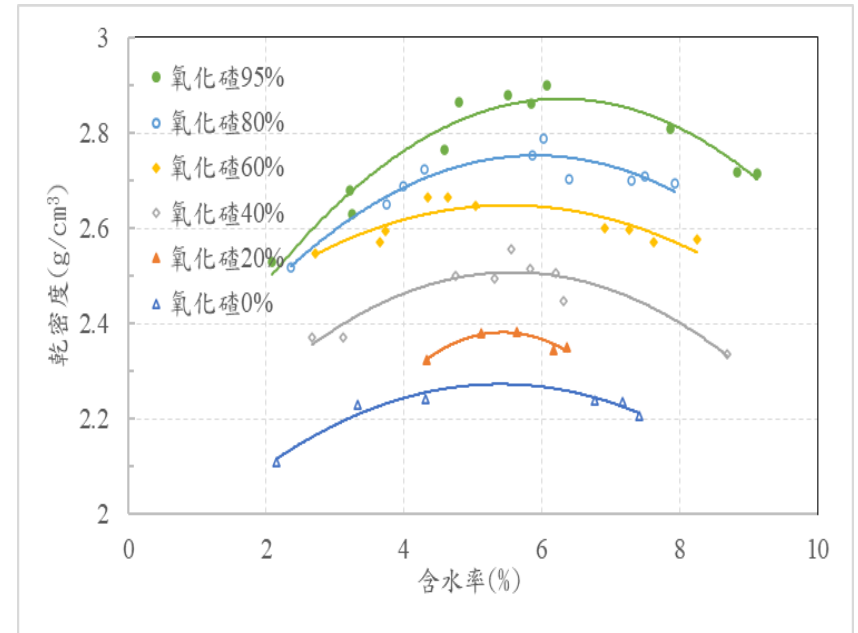
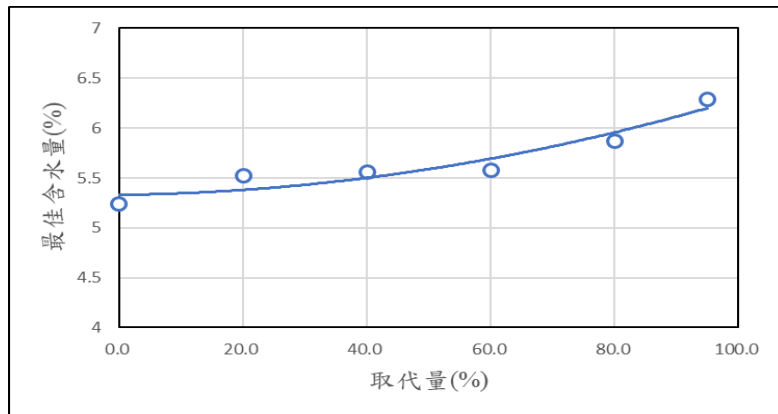
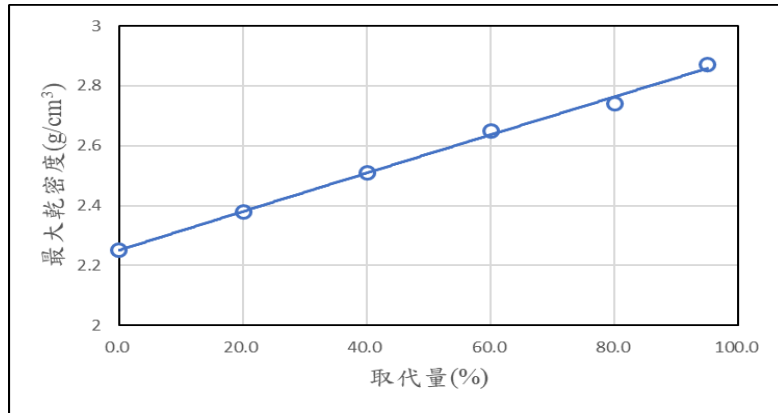
施工綱要第02742章
級配粒料底層之第一類型(A)級配

氧化矽級配料-級配曲線



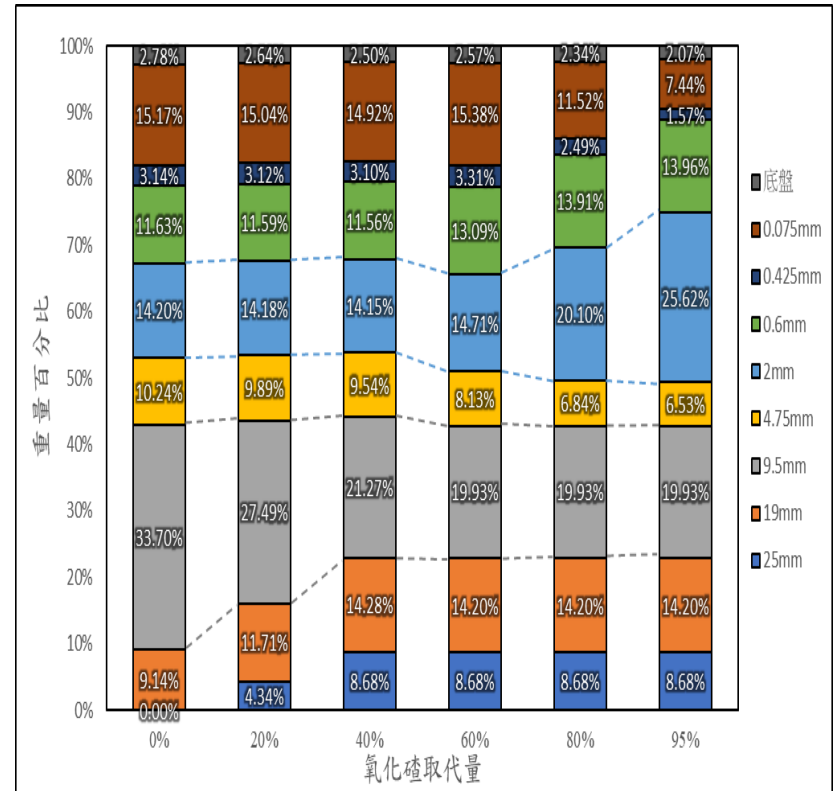
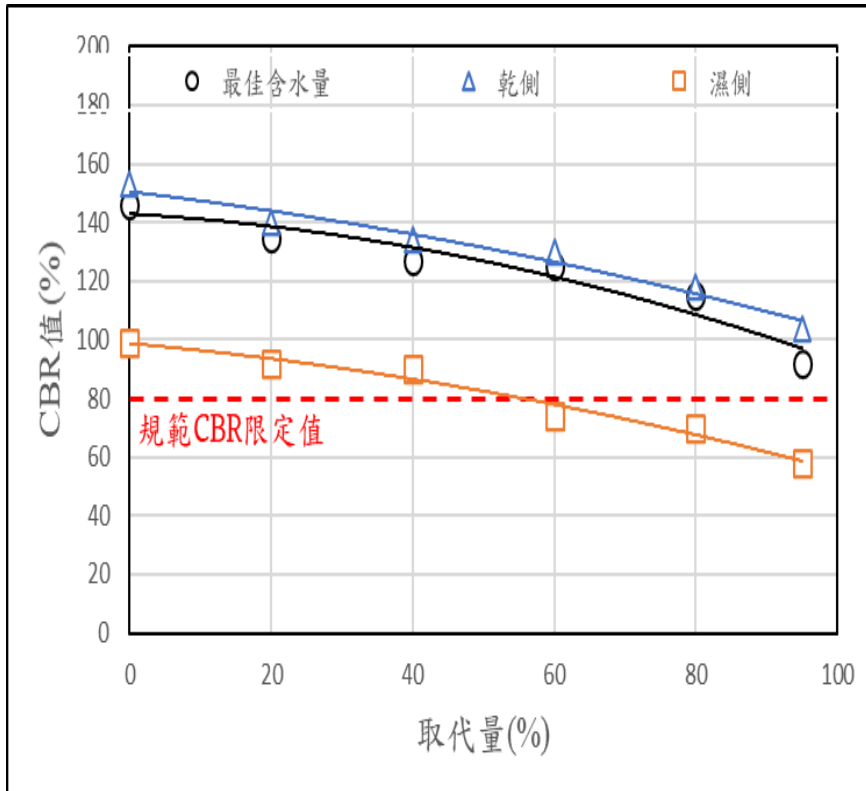
級配曲線符合規範規定，且稍微偏粗穩定性較高

氧化矽級配料-夯實試驗

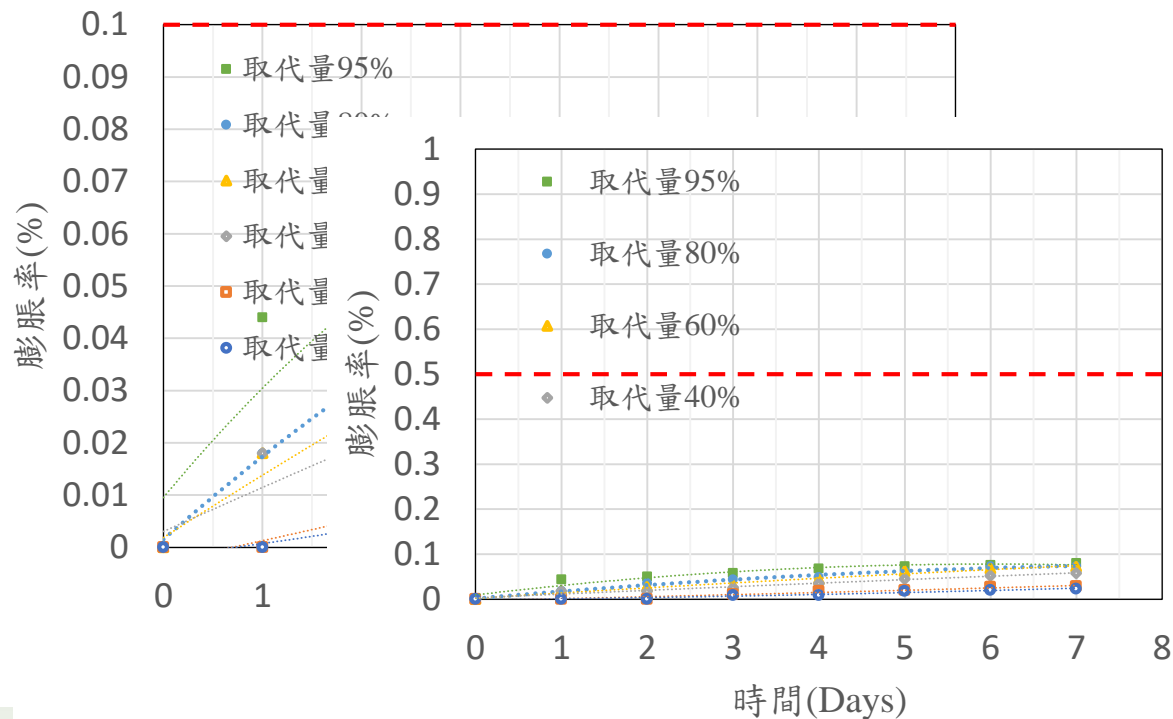


- ✓ 最佳含水量OMC與最大乾密度皆隨氧化矽增加而上升
- ✓ 氧化矽比重高，氧化矽級配料最大乾密度顯著增加

氧化碲級配料-CBR試驗

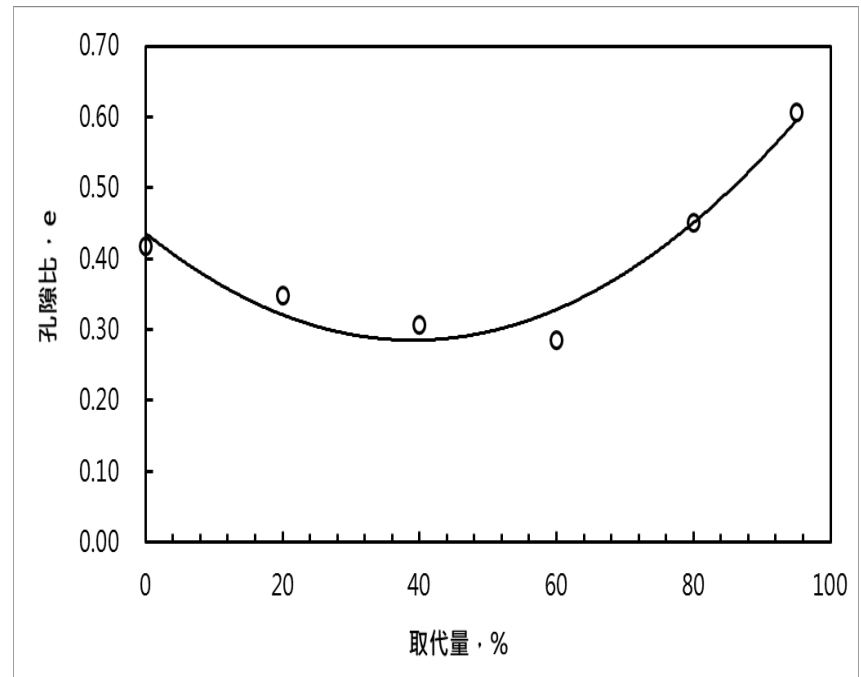
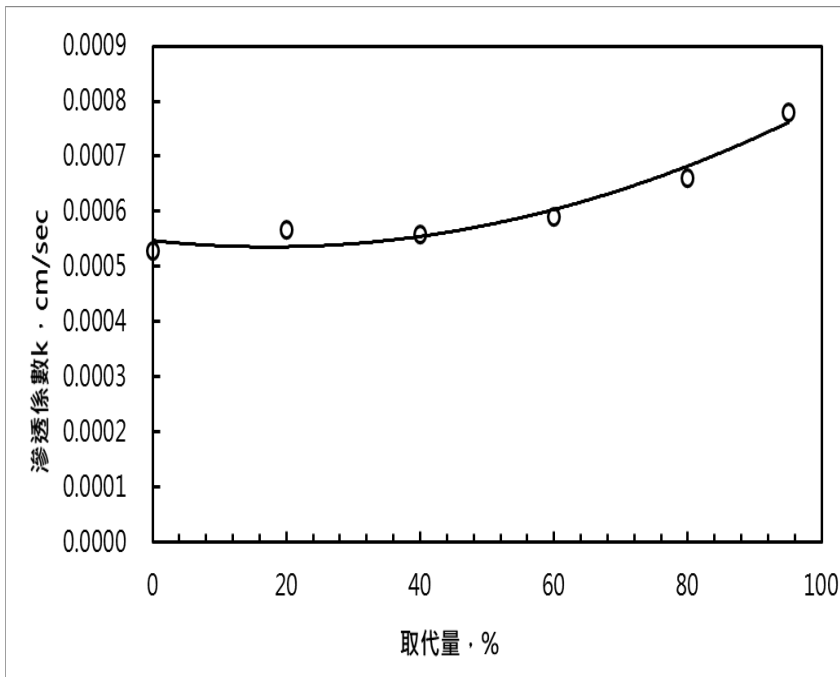


氧化矽級配料-膨脹試驗



氧化矽取代量 (%)	膨脹率 (%)
0%	0.03%
20%	0.05%
40%	0.06%
60%	0.08%
80%	0.07%
95%	0.08%

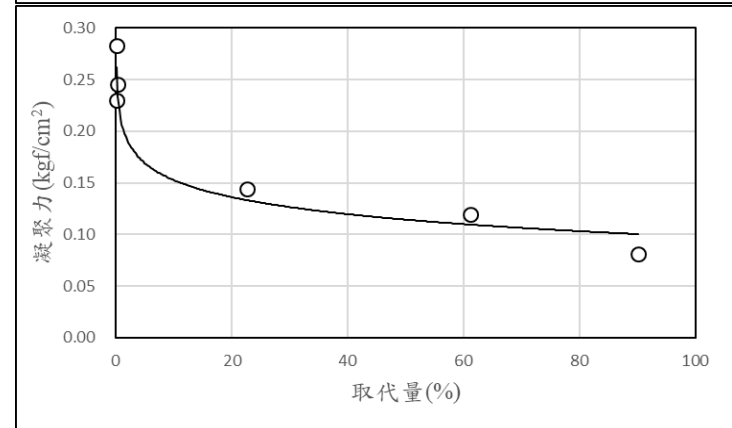
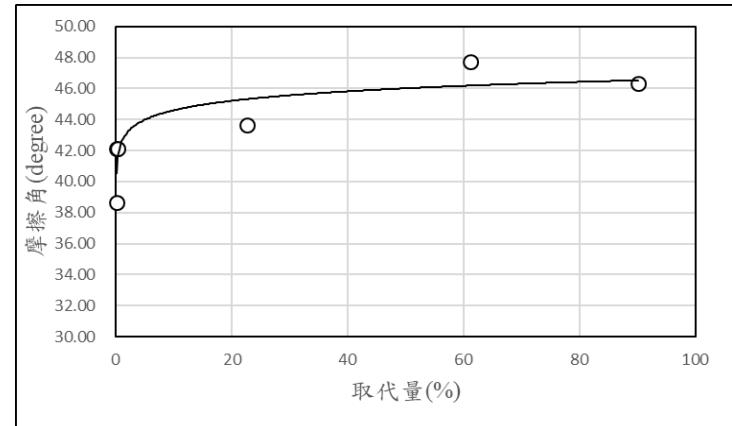
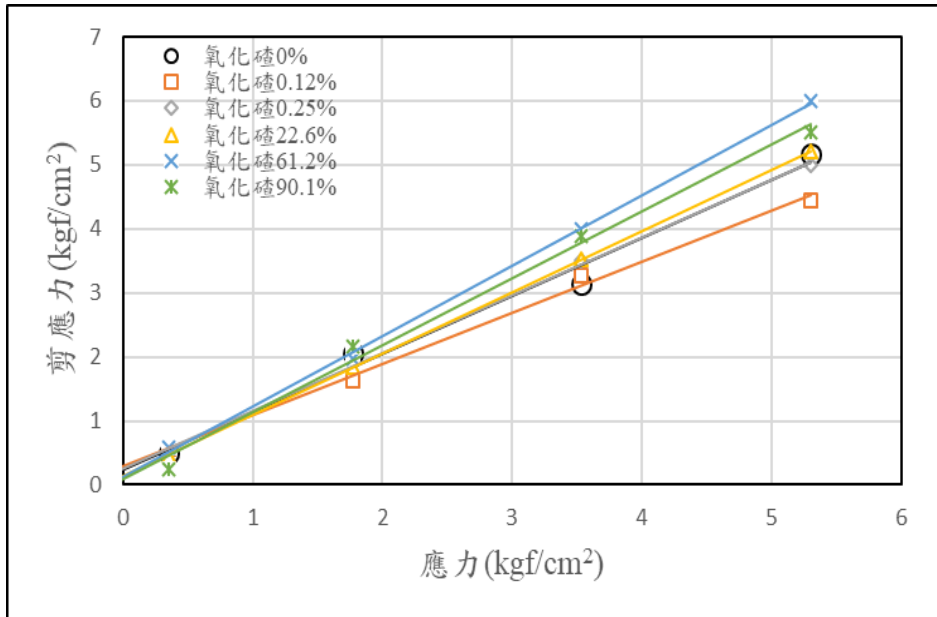
氧化碓級配料-透水試驗



滲透係數隨氧化碓取代量增加而提升，氧化碓本身表面**多孔隙**特性，可增加滲流路徑，使氧化碓級配料滲透係數大幅提升。

氧化矽級配料-直接剪力試驗

氧化矽級配料	取代量 0%	取代量 20%	取代量 40%	取代量 60%	取代量 80%	取代量 95%
細粒料中 氧化矽佔比	0%	0.12%	0.25%	22.6%	61.2%	90.1%



氧化矽於細粒料之取代量

Part 4

試驗道路 鋪築與品管



試驗道路施工規劃

開工日期:民國107年8月10日~8月21日

道路全長:0K+060(路寬30m)

面
層

厚度:20cm

材料:轉爐石瀝青混凝土(98%轉爐石)

基
底
層

厚度:55cm

材料:氧化碓級配料(95%氧化碓)

隔
離
層

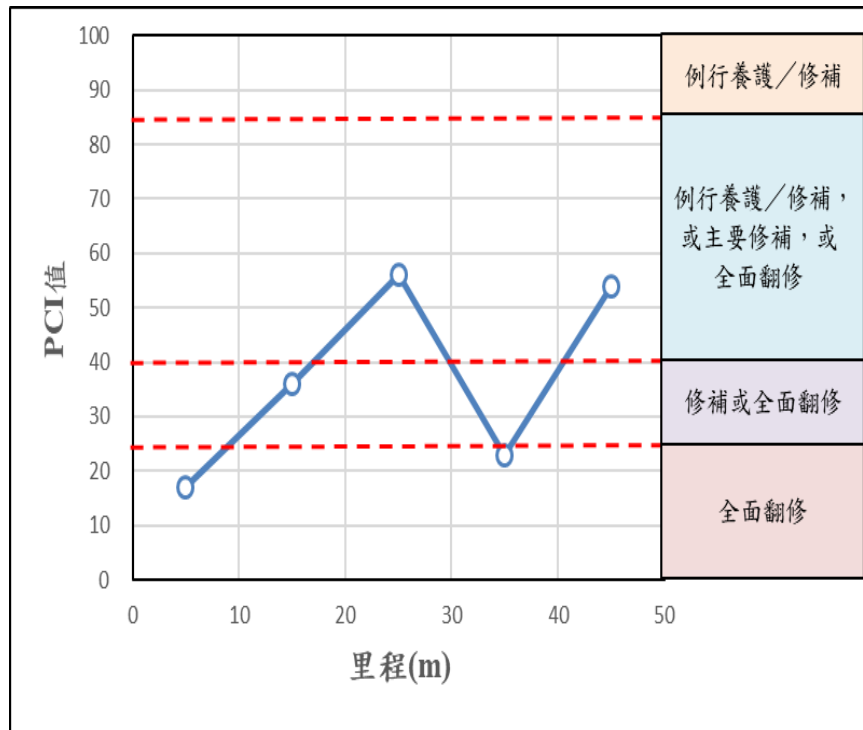
厚度:5cm

材料:天然級配料

鋪設位置



施工前勘查-PCI試驗



氧化碓再利用拌合廠-氧化碓級配料 拌合作業



再利用拌和廠周遭環境



氧化碓傾卸



拌和過程

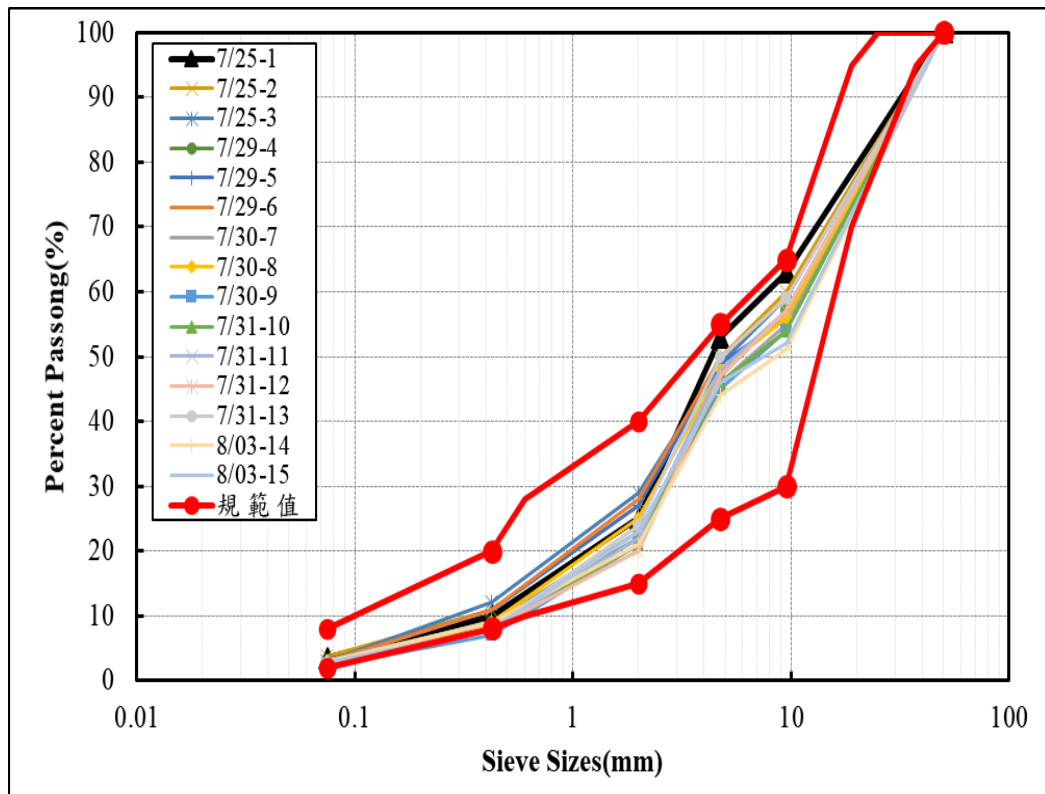


級配料取樣



四分法

氧化矽再利用拌合廠-氧化矽級配料 取樣檢驗



氧化碓再利用拌合廠-氧化碓級配料 拌合



試驗道路-基底層施工過程



施工範圍交維設置



金屬探測作業



舊有面層刨除作業



刨除面清掃



舊有基底層挖除作業



開挖深度量測

試驗道路-基底層施工過程



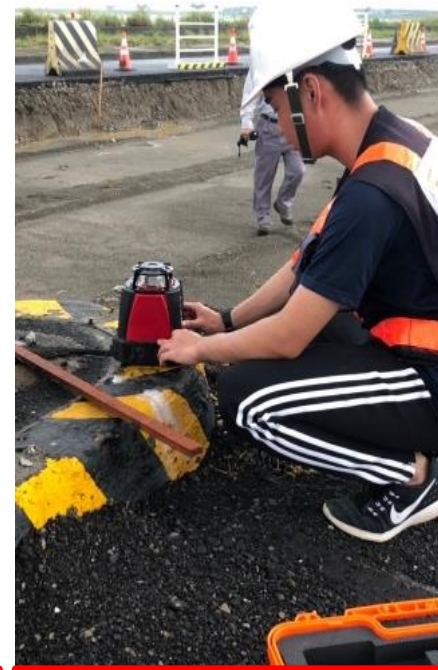
路基滾壓作業



路基土壤滾壓完成面

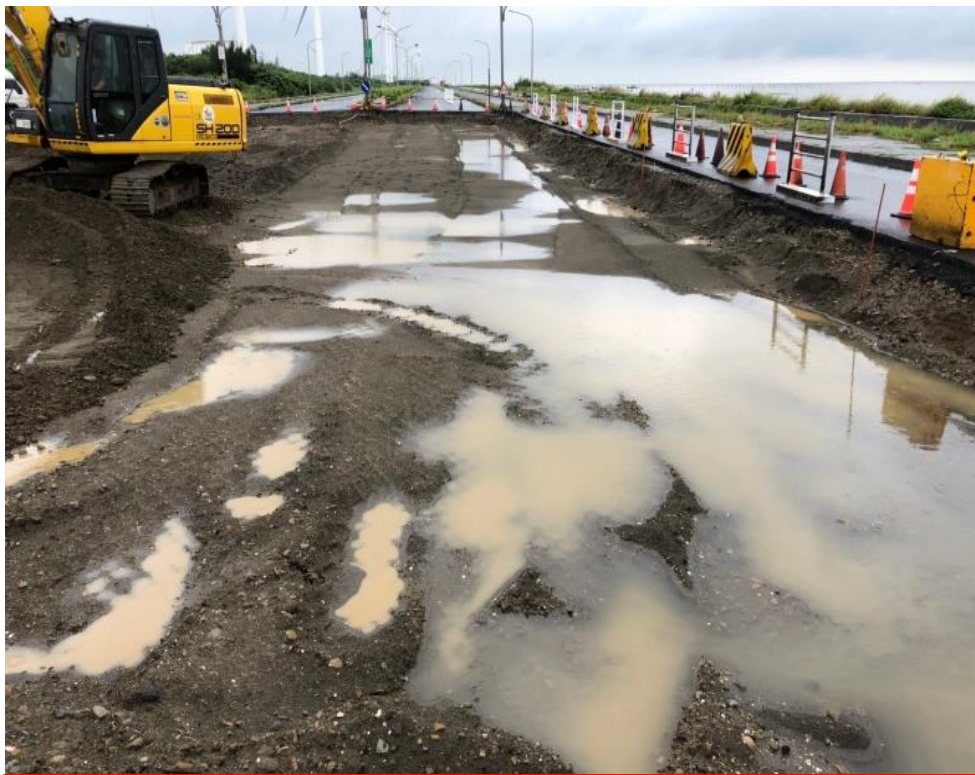


水準高程量測



電子水準儀

試驗道路-基底層施工過程



路基土壤表面積水



積水狀況排除過程



指導及討論應變作業

試驗道路-基底層施工過程

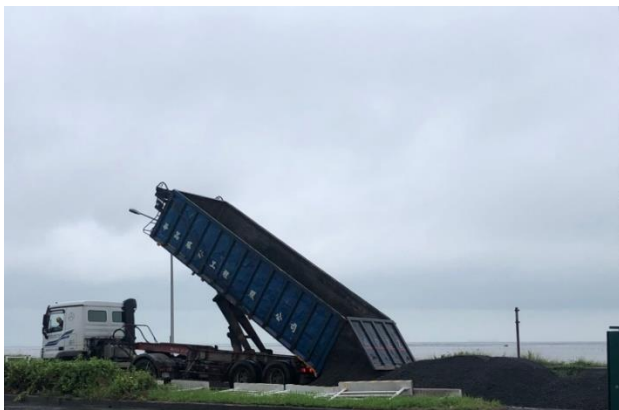


路基改良作業



路基改良滾壓作業

試驗道路-基底層施工過程



氧化碓級配料傾卸



氧化碓級配料鋪築



氧化碓級配料滾壓

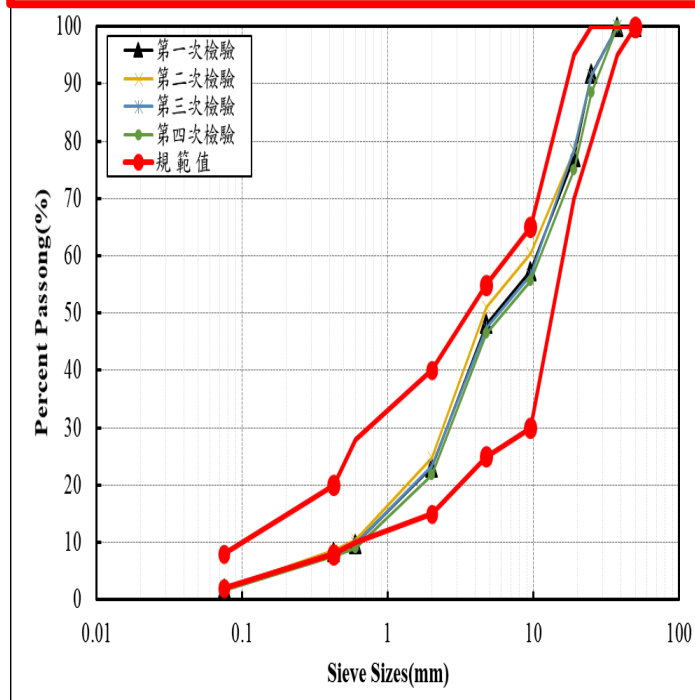


基底層鋪築完成照

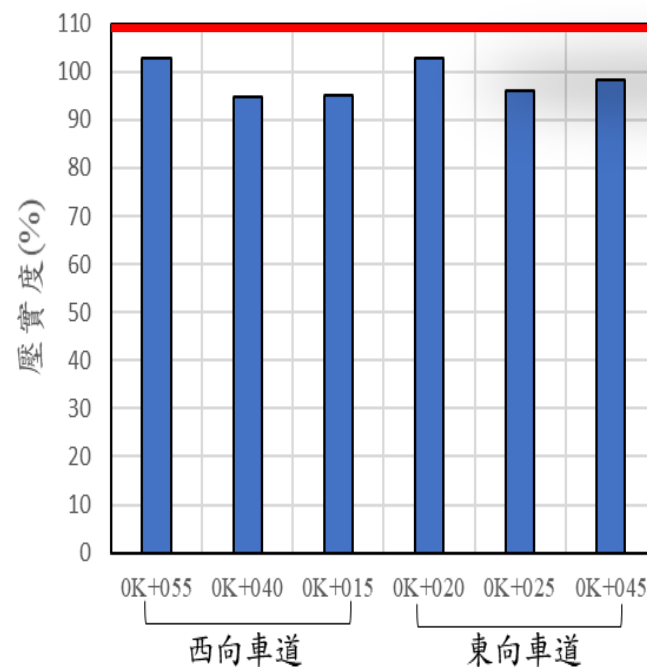
彰濱工業區試驗道路-品質管控



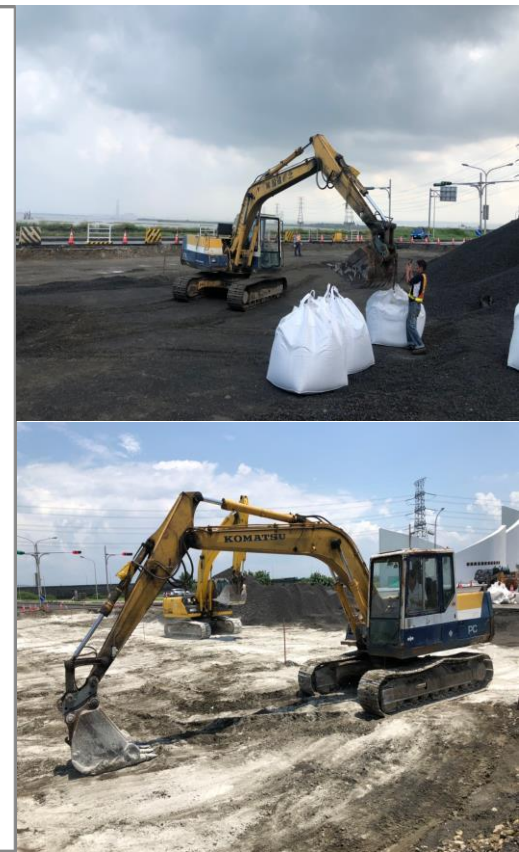
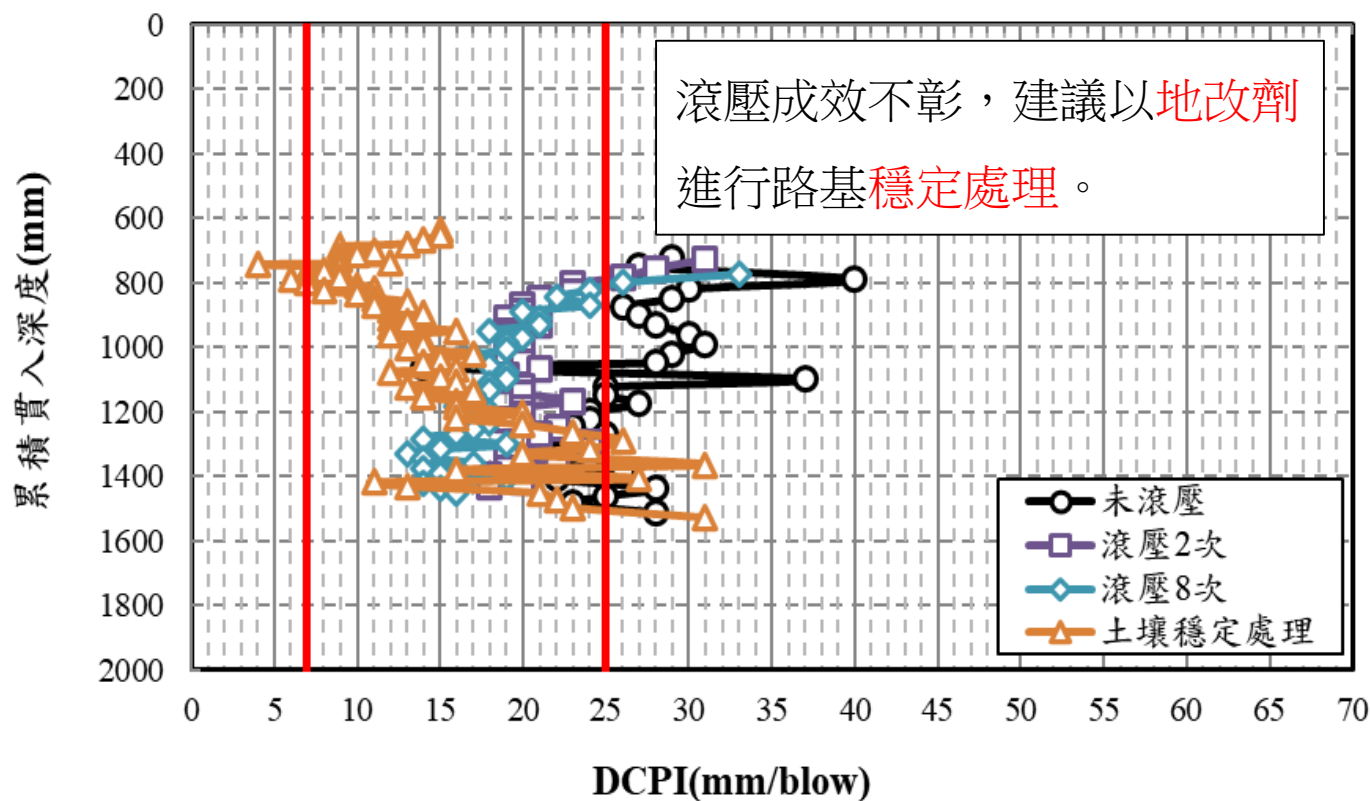
篩分析試驗



壓實度試驗

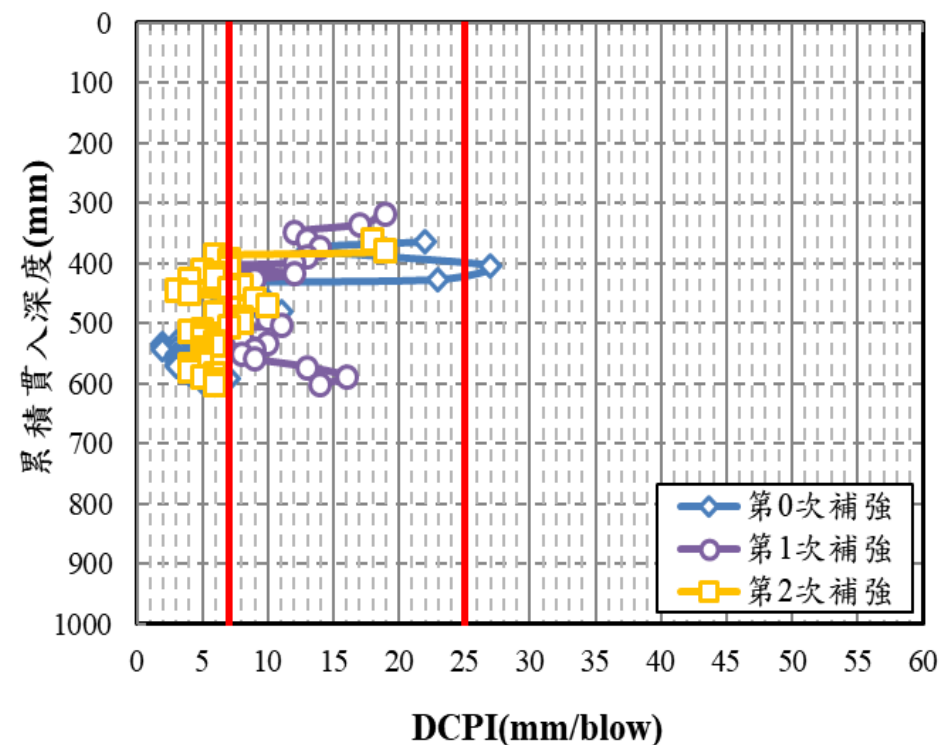


彰濱工業區試驗道路-品質管控(路基土壤)

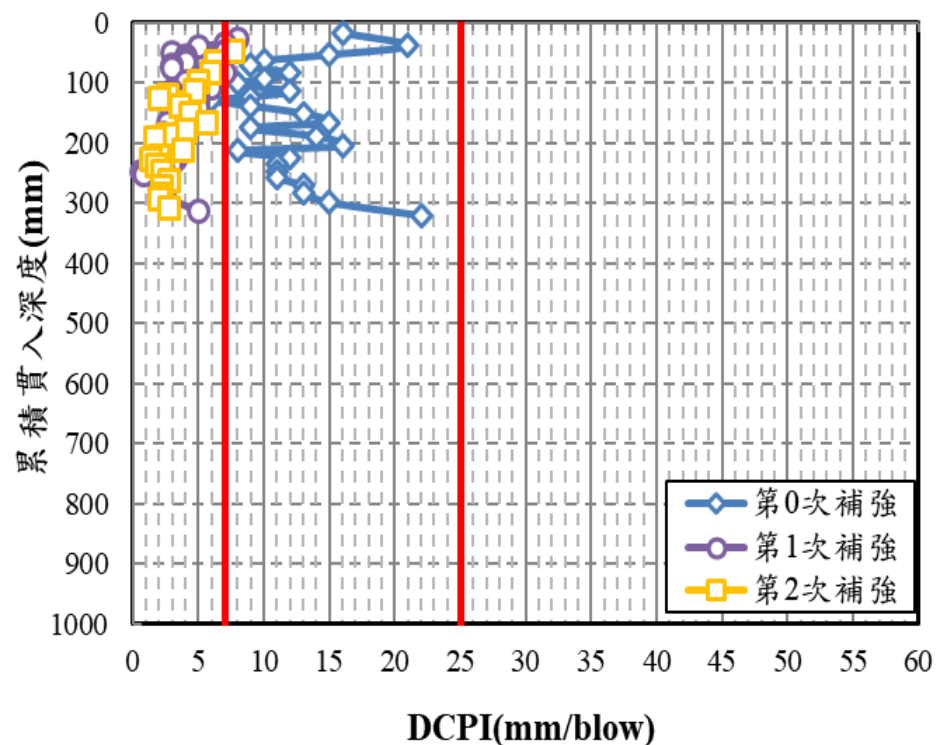


彰濱工業區試驗道路-品質管控 (DCP試驗)

氧化碯級配料回填深度30~60cm



氧化碯級配料回填深度0~30cm



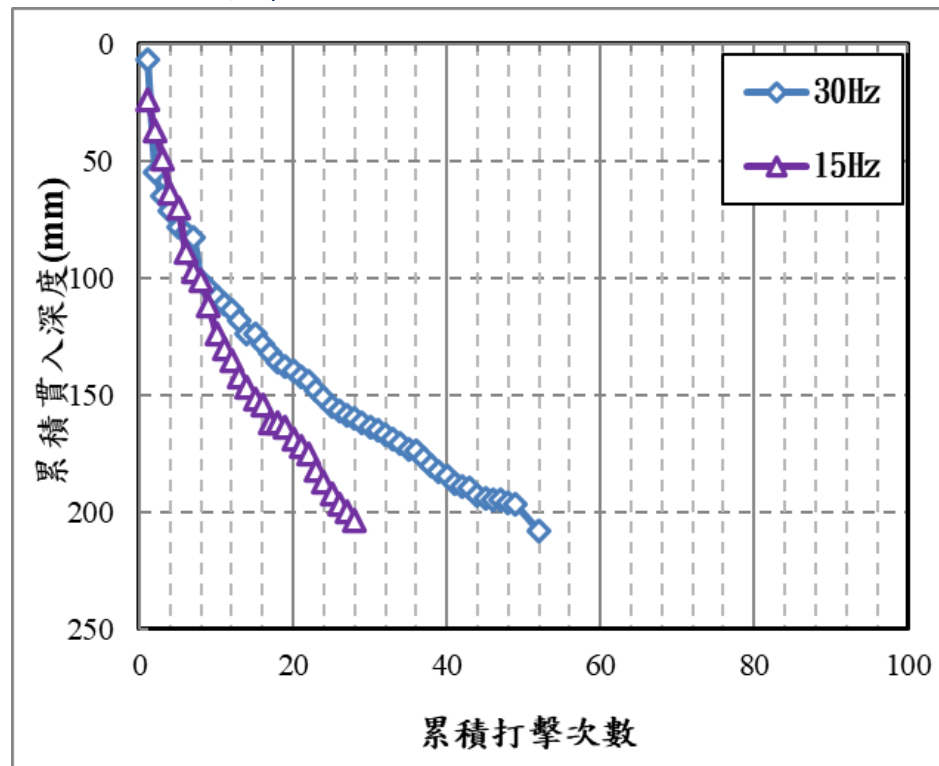
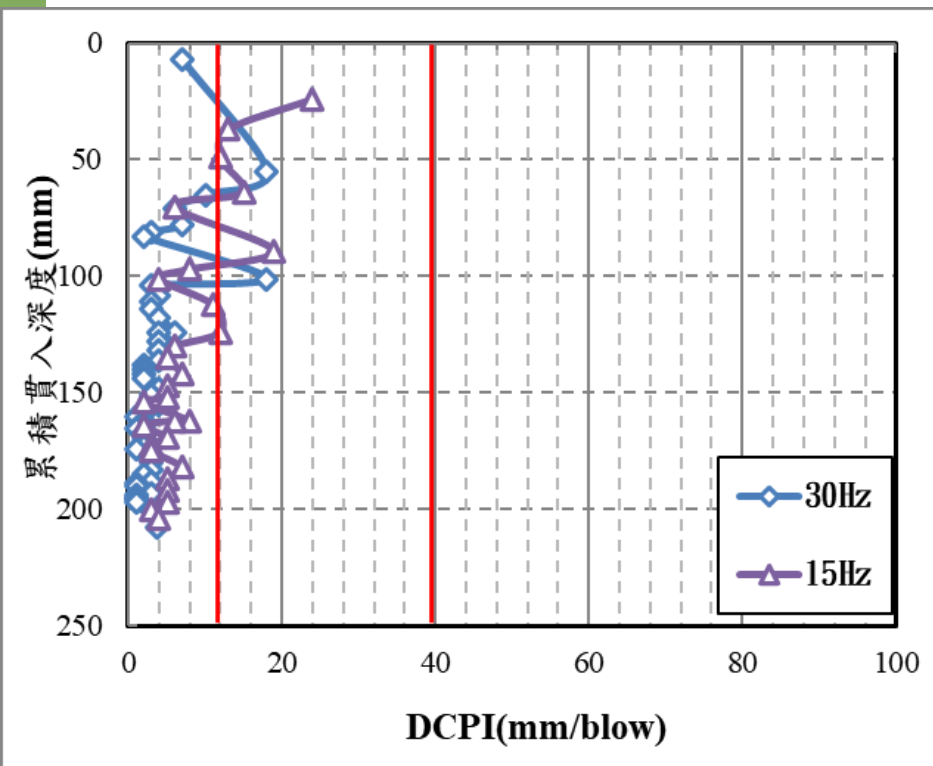
彰濱工業區試驗道路-品質管控 (氧化碓級配料)

以不同滾壓頻率觀察壓實成效，大震(30 Hz)>小震(15 Hz)

壓路機型號：SD-100

自重：10325 kg

頻率：0~30 Hz



50 彰濱工業區試驗道路-施工過程



粒料確認



露天環境之粒料覆蓋情況



瀝青儲存設備



各粒料之冷料斗



瀝青拌合廠乾燥爐設備

51 彰濱工業區試驗道路-施工過程

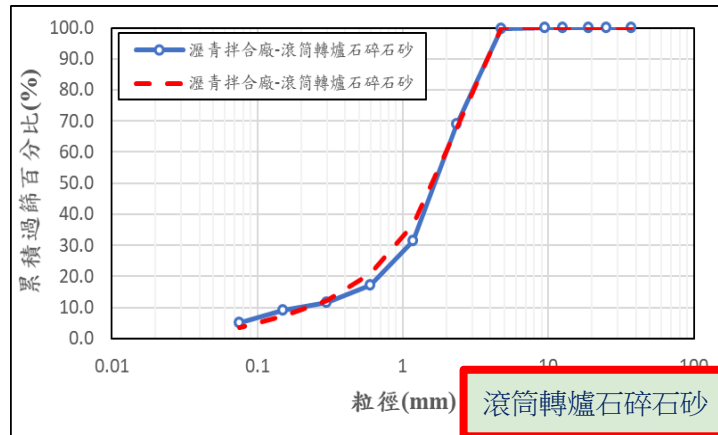
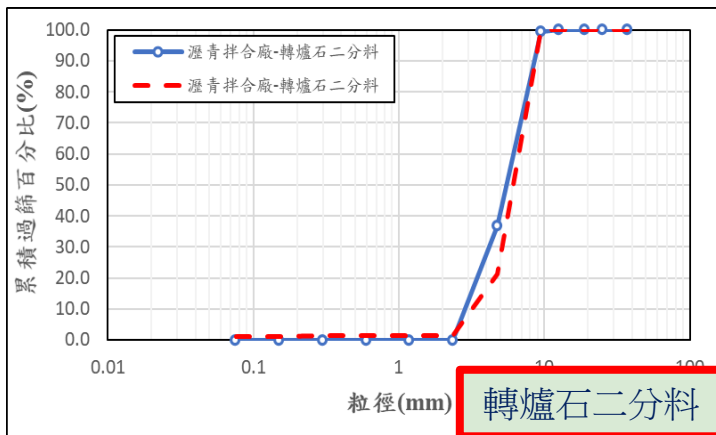
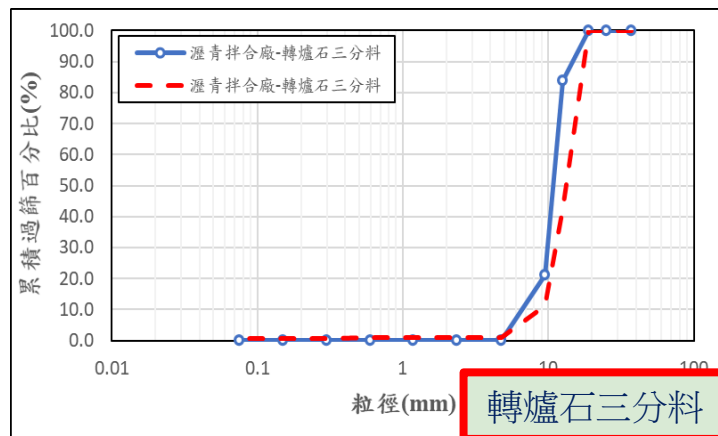
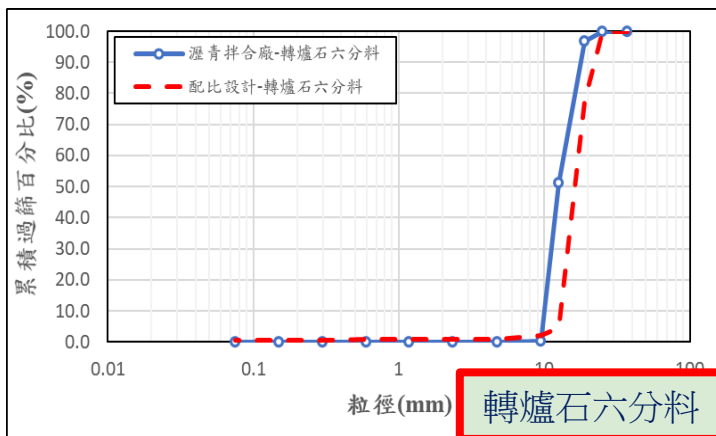


拌和機控制台與製程管制之計量設備



篩選級熟料儲存設備

彰濱工業區試驗道路-試拌作業



53 彰濱工業區試驗道路-品質管控

	轉爐石 六分料	轉爐石 三分料	轉爐石 二分料	滾筒轉爐石 碎石砂	填縫料 (水泥)	瀝青膠泥 (AC-20)
原始配比(%)	20	20	20	48	2	4.1
調整後(%)	25.8	12.3	19.2	39.1	3.6	3.7



54 彰濱工業區試驗道路-品質管控



轉爐石瀝青混凝土出廠品質



轉爐石瀝青混凝土出廠溫度

彰濱工業區試驗道路-面層施工過程



透層黏油噴灑



轉爐石瀝青混凝土鋪設



鬆方量測



鬆方量測

彰濱工業區試驗道路-面層施工過程



初壓作業

溫度:100~125°C
速度:≤3km/hr



次壓作業

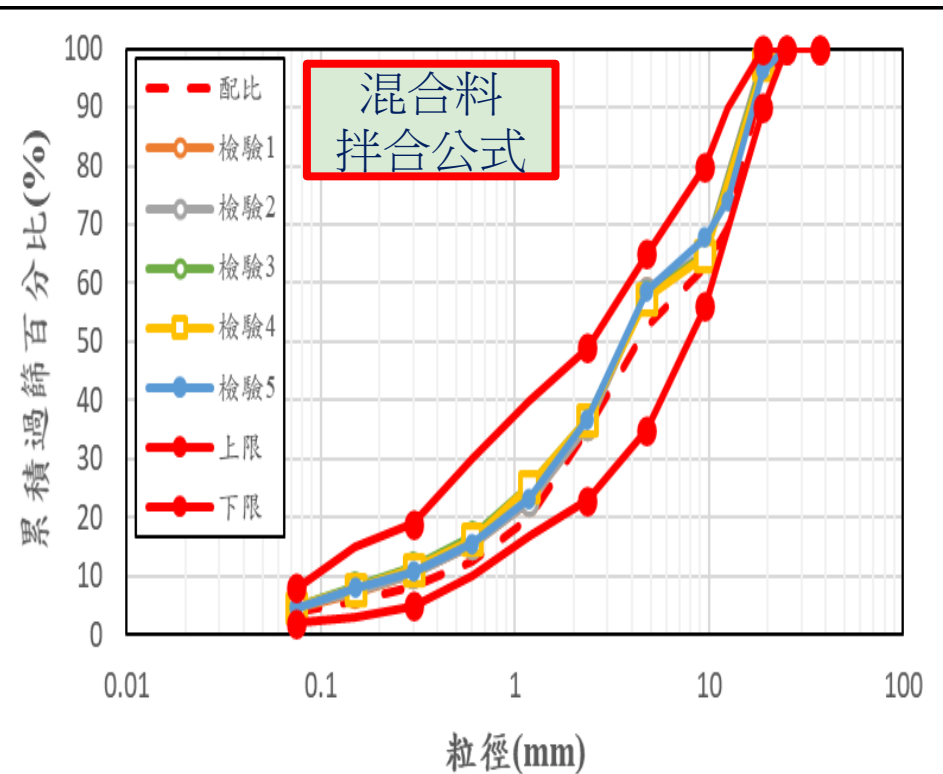
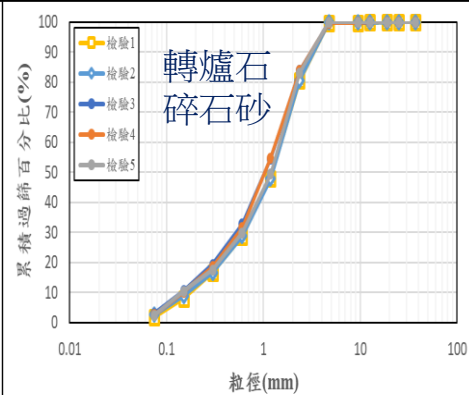
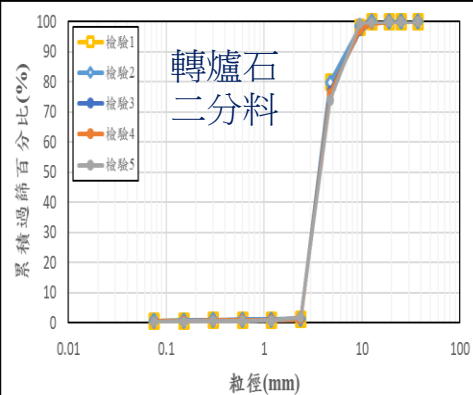
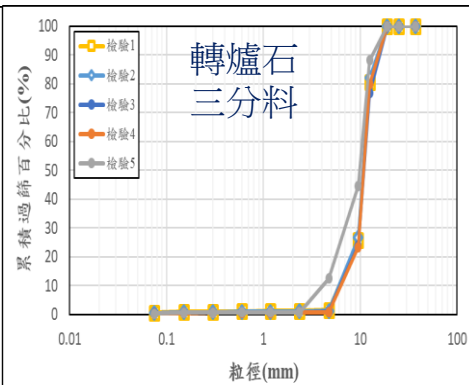
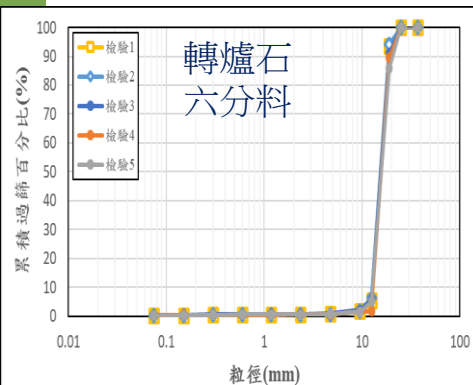
溫度:82~100°C
速度:≤5km/hr



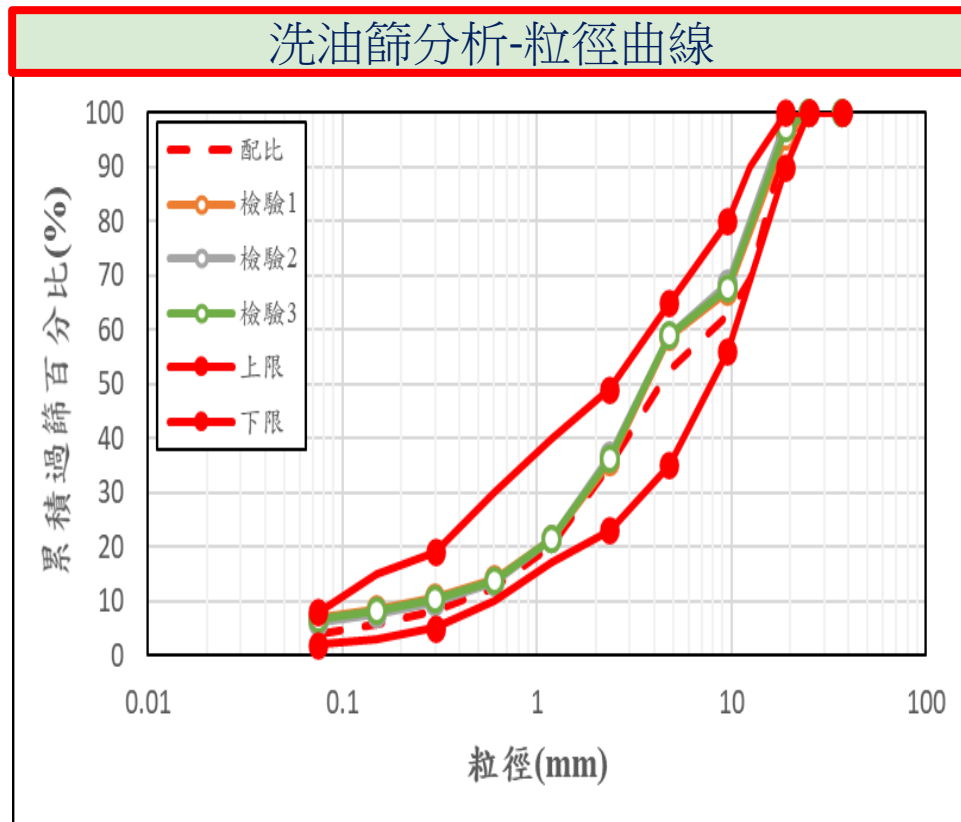
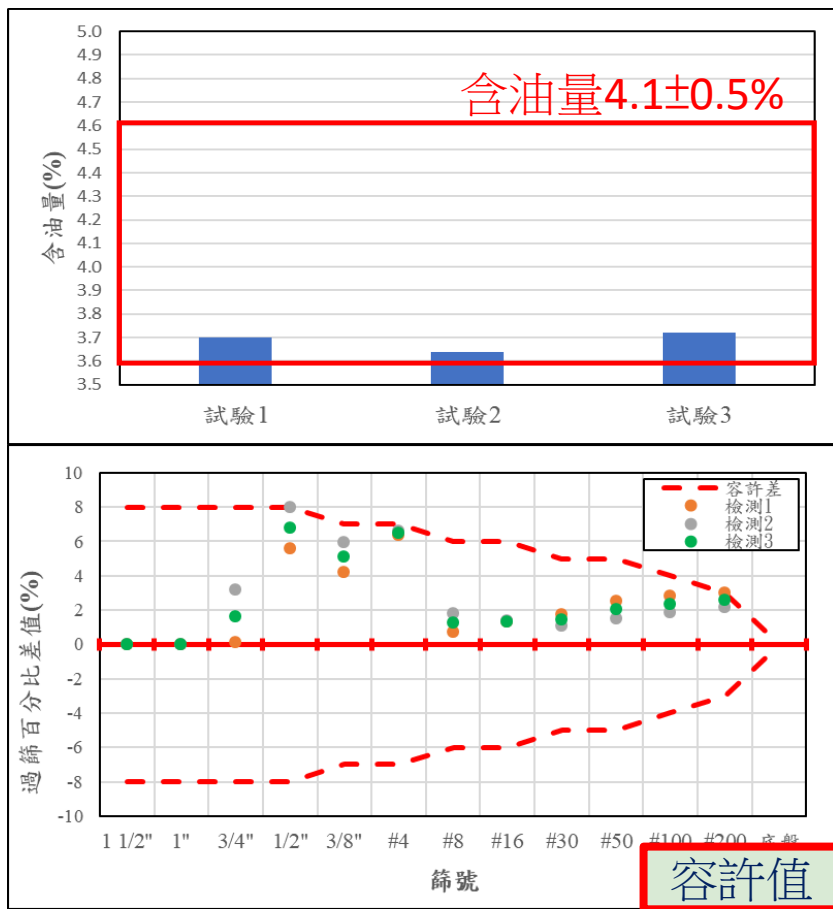
終壓作業

溫度:≥65°C
速度:≤5km/hr

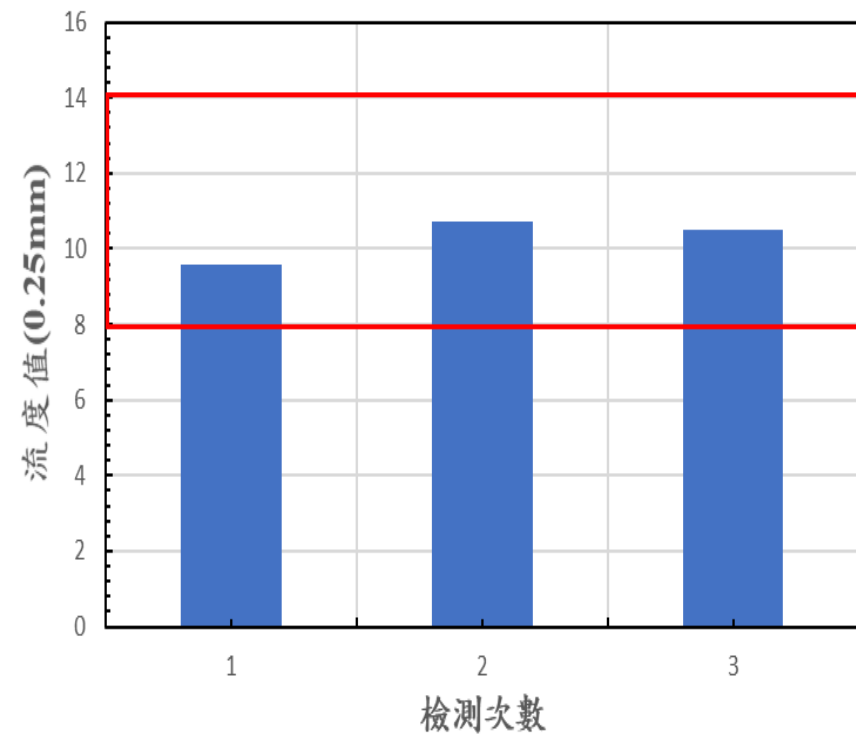
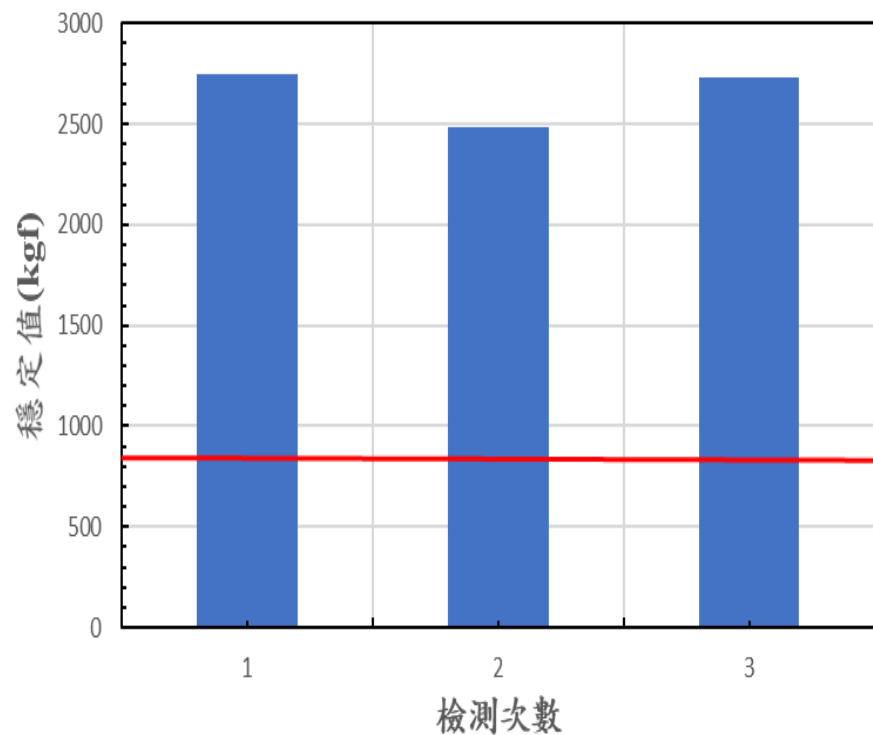
57 彰濱工業區試驗道路-品質管控



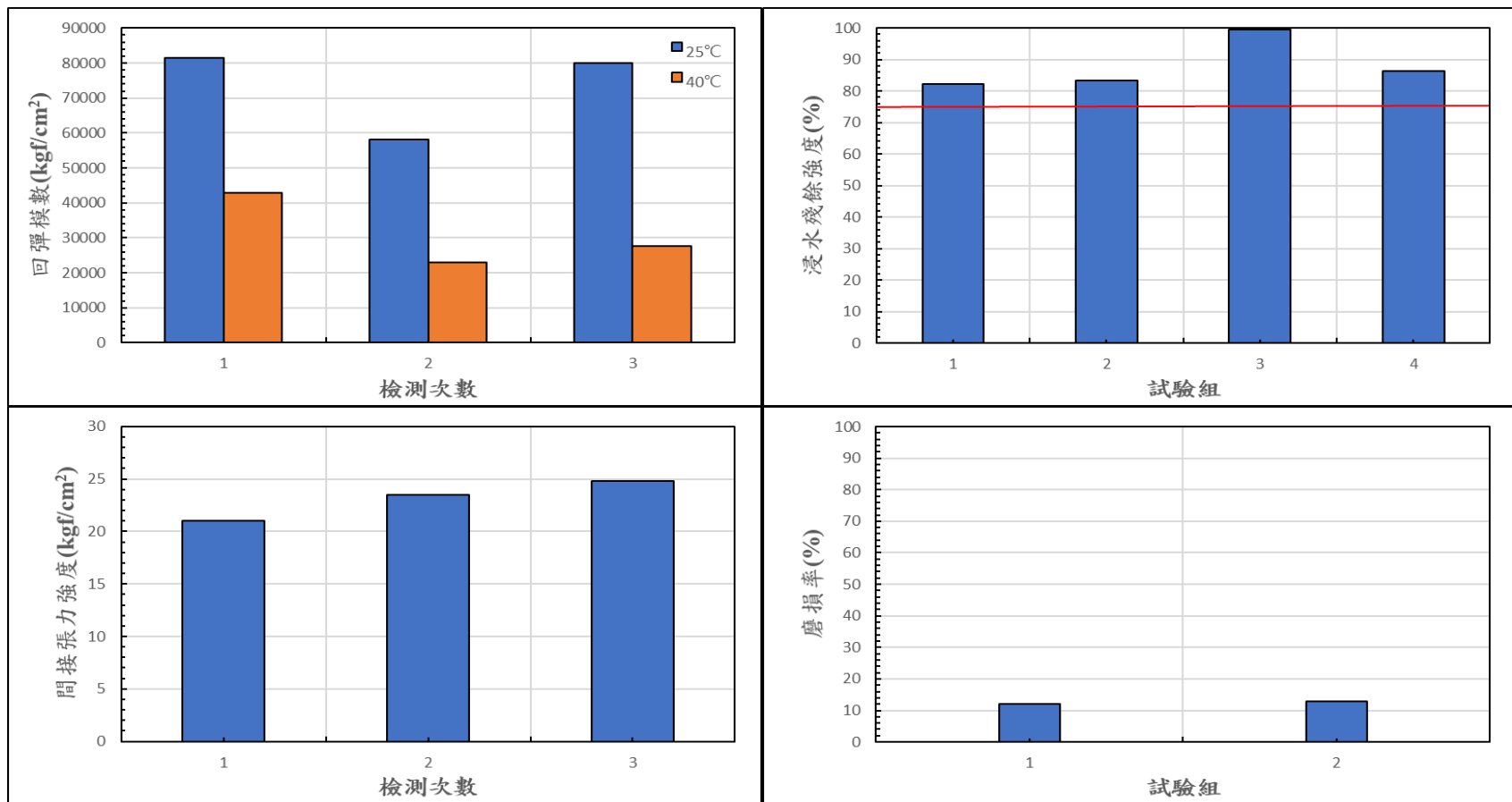
58 彰濱工業區試驗道路-品質管控



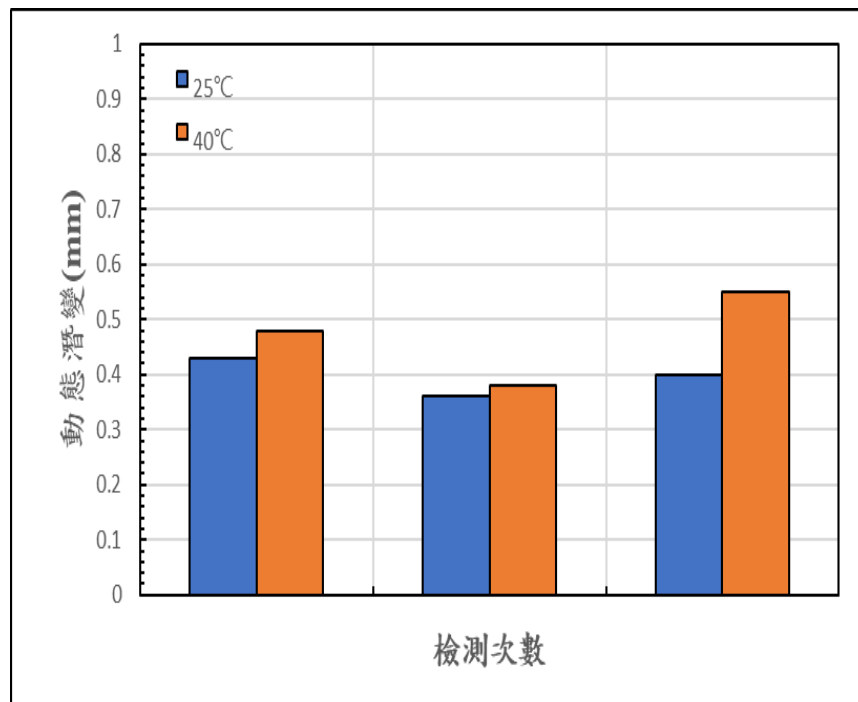
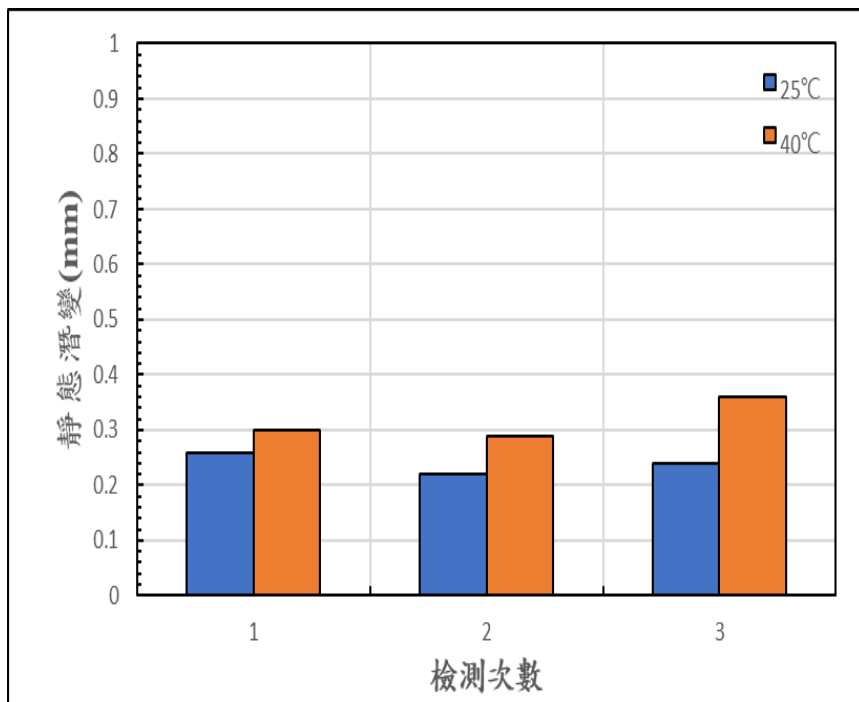
59 彰濱工業區試驗道路-品質管控



彰濱工業區試驗道路-品質管控



61 彰濱工業區試驗道路-品質管控



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

- 產出單位無償供料，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

- 底渣以環保爭議最小之使用方式(CLSM)為優先運用
- 推動爐石試辦案例
- 爐石優先運用於鋪面

感謝!!

彰濱工業區服務中心

鋼鐵公會

台鋼資源公司

支持與協助本試驗道路鋪設，在此
表示感謝致意。



簡報結束
恭請指導