桃園市政府航空城工程處
Office of Aerotropolis Public Construction, Taoyuan

08-02-01

9 786267 264270

瀝青混凝土刨除粒料應用於道路基層使用手冊

桃園市政府工務局

編印

112年3月

08-02-01

桃園市政府工務局

瀝青混凝土刨除粒料應用於道路基層使用手冊

桃園市政府航空城工程處 編印
Office of Aerotropolis Public Construction, Taoyuan

目錄

目錄.....I

圖目錄.....III

表目錄.....V

第一章、總則 1

1.1 緒論.....1
1.2 內容說明.....2
1.3 定義.....3

第二章、瀝青混凝土刨除料 5

2.1 基本性質.....5
2.2 來源.....6
2.3 產量分析.....7
2.4 應用基底層之規格要求.....9

第三章、瀝青混凝土刨除料用於基底層之工程應用 20

3.1 工程用途.....20
3.2 工程性質.....21
3.3 應用道路基底層配比設計試驗說明.....24
3.4 施工流程.....29

第四章、再生利用業者之生產與管理 31

4.1 再生利用業者再生利用管理.....34
4.2 生產.....39
4.3 再生利用業者品質管理.....40

第五章、瀝青混凝土刨除料用於基底層之規定及案例 43

5.1 適用範圍.....43
5.2 材料標準.....43
5.3 施工.....45
5.4 檢驗.....48

5.5 計量與計價.....51
5.6 石門大圳案例.....53
5.7 草漯重劃區案例.....58
5.8 八里中華路案例.....62
5.9 土城金城路案例.....65

第六章、循環經濟效益評估分析.....67

6.1 材料成本.....67
6.2 成本分析.....69
6.3 碳排放量計算.....70

參考文獻.....76

附件.....- 1 -

圖目錄

圖 2.1 瀝青混凝土刨除料再利用流程圖.....6
圖 2.2 刨除料處理流程.....7
圖 3.1 道路鋪設構成之斷面.....20
圖 3.2 R40、R60、R80 CBR 值趨勢圖.....23
圖 3.3 基底層配合設計流程圖.....24
圖 3.4 冷拌再生乳化瀝青混凝土配合設計流程圖.....25
圖 3.5 R60 施工流程圖.....29
圖 3.6 R60 施工流程圖(續).....30
圖 4.1 供料計畫書.....34
圖 4.2 瀝青公會會員證書.....34
圖 4.3 固定汙染源操作許可證.....35
圖 4.4 再生利用業者核可文件.....35
圖 4.5 再生級配料生產流程圖.....36
圖 4.6 再生利用業者材料管理流程圖.....36
圖 5.1 設計流程圖.....56
圖 5.2 施工位置圖.....57
圖 5.3 草漯地區瀝青混凝土刨除再生粒料級配粒料底層(R60)位置.....59
圖 5.4 施工流程圖.....61
圖 5.5 土壤衝擊試驗.....62
圖 5.6 動力貫入錐試驗.....62
圖 5.7 再生級配粒料試鋪斷面.....63
圖 5.8 再生級配粒料施工流程圖.....63
圖 5.9 再生級配粒料 CBR 試驗報告.....64
圖 5.10 冷拌發泡再生瀝青混凝土施工斷面.....65
圖 5.11 冷拌發泡再生瀝青混凝土之 CBR 試驗報告.....65
圖 6.1 碳排放計算流程.....71
附件圖 1 篩分析試驗儀器圖.....- 2 -
附件圖 3 比重及吸水率試驗儀器圖.....- 5 -
附件圖 4 粗粒料比重吸水率流程圖.....- 6 -
附件圖 5 細粒料比重吸水率流程圖.....- 7 -
附件圖 6 洛杉磯磨損試驗儀器圖.....- 10 -
附件圖 7 洛杉磯磨損試驗流程圖.....- 11 -
附件圖 8 健性試驗儀器圖.....- 13 -
附件圖 9 健度試驗流程圖.....- 14 -
附件圖 10 液性限度測定儀.....- 16 -

附件圖 11 液性限度試驗流程 - 17 -
附件圖 12 塑性限度試驗流程 - 19 -
附件圖 13 膨脹試驗試驗流程圖 - 22 -
附件圖 14 含砂當量試驗儀器圖 - 23 -
附件圖 15 含砂當量試驗流程圖 - 24 -
附件圖 16 最佳含水量及最大乾密度試驗儀器圖 - 26 -
附件圖 17 最佳含水量及最大乾密度試驗流程圖 - 27 -
附件圖 18 加州承載比試驗儀器圖 - 29 -
附件圖 19 揉搓夯壓機 - 32 -
附件圖 20 擠水壓力試驗步驟 - 33 -
附件圖 21 膨脹壓力試驗步驟 - 34 -
附件圖 22 求 R 值步驟 - 35 -

表目錄

表 1.1 道路工程再利用粒料之種類及定義.....4
表 2.1 瀝青混凝土刨除料之基本性質與試驗表.....5
表 2.2 瀝青公會桃園市會員處理量能資料彙整表.....8
表 2.3 第一類型基層級配料之級配規定.....11
表 2.4 第二類型基層級配料之級配規定.....12
表 2.5 第二類型基層級配料之品質規定.....13
表 2.6 第三類型基層級配料之級配規定.....13
表 2.7 第三類型基層級配料之品質規定.....14
表 2.8 第四類型基層級配料之級配規定.....14
表 2.9 第四類型基層級配料之品質規定.....14
表 2.10 第一類型底層級配粒料之級配規定.....15
表 2.11 第二類型底層級配粒料之級配規定.....16
表 2.12 第二類型底層級配粒料之品質規定.....16
表 2.13 第三類型底層級配粒料之級配規定.....17
表 2.14 第三類型底層級配粒料之品質規定.....17
表 3.1 再生級配粒料之粒料各比例添加百分比.....21
表 3.2 再生級配粒料之各比例篩分析.....22
表 3.3 再生級配粒料各比例之 CBR 相關試驗.....23
表 3.4 基本物性試驗.....27
表 3.5 承載力相關試驗.....28
表 4.1 內政部營建署營建事業再生利用之再生資源項目及規範.....31
表 4.2 天然粒料(粗粒料)檢驗項目.....37
表 4.3 天然粒料(細粒料)檢驗項目.....38
表 4.4 刨除料檢驗項目.....39
表 5.1 各級配利用量及刨除料去化量.....54
表 5.2 再生級配粒料之各粒料篩分析.....54
表 5.3 再生級配粒料之各比例篩分析.....55
表 5.4 再生級配粒料之粒料各比例添加百分比.....55
表 5.5 再生級配粒料各比例之 CBR 相關試驗.....56
表 5.6 施工設計結果.....57
表 5.7 再生級配粒料物性試驗結果.....59
表 5.8 再生級配粒料篩分析成果.....60
表 5.9 再生級配粒料配合設計成果.....60
表 5.10 再生級配粒料 CBR 施作成效表.....64

表 5.11 再生級配粒料 CBR 施作成效表.....66
表 6.1 材料成本試算表.....70
表 6.2 生產階段碳排放量計算.....73
表 6.3 機具施工階段碳排放量計算.....74
表 6.4 碳排放量比較成果.....75

第一章、總則

1.1 緒論

近年來由於環保意識的興起，永續循環經濟的觀念也隨之興起，其概念顧名思義是指一個可恢復且可再生的產業體系；目前循環經濟講求「再生再利用」的概念，藉由重新設計材料、產品、及商務模式，以消除無機再生粒料並使得資源之有效利用。

自 106 年 8 月起開始著手研究，經過多次材料配比會議及實驗室試拌作業後，桃園市政府新建工程處於 107 年 4 月選擇平鎮區石門大圳巡防道路改善工程進行試辦，將**瀝青混凝土刨除料**經過處理後摻配天然級配料，比對現地所做的試驗值與原先設計的需求檢核值，以**瀝青混凝土刨除料**替代道路基層級配最多 60 %為使用上限，進行加州承載比、工地密度、平坦度等成效試驗，並同時成功去化**瀝青混凝土刨除料**約 510 公噸[2]。目前，桃園航空城計畫總面積達 4,564 公頃，分為 10 個分標，已在民國 111 年 1 月陸續開工，估計未來在航空城先期開發區道路使用**瀝青混凝土刨除料**時可去化 16.7 萬公噸以上。

效益上可解決瀝青廠**瀝青混凝土刨除料**堆置問題，落實保護生態環境、產業轉換、循環經濟、愛護地球及減少開採天然級配粒料及減少廢棄物產生之正面助益。

而目前在使用**瀝青混凝土刨除料**上除了常見的熱拌工法外，還會採用冷拌工法，此技術已被歐美等部分地區廣泛使用發展也更加成熟，還有多項優勢，除了可縮短約 1.5 小時之施工工時、提早開放通車時間，且材料強度高於一般級配粒料底層之 2 倍，可提高道路鋪面乘載能力；此外冷拌瀝青混凝土刨除料使用 100 % 瀝青混凝土刨除料作為粒料使用，可減少**瀝青混凝土刨除料**囤積空間，達到**瀝青混凝土刨**

除料完全去化之目標。[1]、[3]

根據航空城計畫 10 標中的優開區細部設計，相比於電弧爐煉鋼氧化碴及焚化再生粒料，**瀝青混凝土刨除料**在上述再生粒料採用上也佔有一定比例；為此本手冊(草案)依據循環經濟再生粒料目的事業主管機規再利用規定、行政院公共工程委員會施工綱要規範、CNS 中華民國國家標準及中華民國交通部交通技術標準規範，及桃園市政府施工規範第 02722 章「級配粒料基層」與第 02726 章「級配粒料底層」之規定編輯，以便使用**瀝青混凝土刨除料**的各個單位能夠有所依據及準則。

1.2 內容說明

本手冊(草案)內容包含瀝青混凝土刨除料使用於道路基底層所需資訊，各章節內容架構簡述如下：

1. 第二章 瀝青混凝土刨除料

本章節主要說明瀝青混凝土刨除料之相關基本定義，包括其基本性質、來源、產量分析、應用基底層之規格要求。

2. 第三章 瀝青混凝土刨除料應用於基底層級配粒料之工程性質

本章節主要陳列瀝青混凝土刨除料之工程用途、工程性質及應用道路基底層配比設計試驗說明，參照相關文獻中之基本性質，為廠商提供配比設計的參考。

3. 第四章 再生利用業者之生產與管理

本章節主要陳列再生利用業者於再生利用時之生產步驟及相關規定，再配合品質管理及檢驗，提供瀝青混凝土刨除料於再生利用時

之詳細流程。

4. 第五章 瀝青混凝土刨除料應用於基底層之規定及案例

本章節主要介紹瀝青混凝土刨除料之案例，藉由案例的分享，提供使用者作為日後參考，並說明使用瀝青混凝土刨除料於道路基底層之相關規定，以確保品質管制。

5. 第六章 循環經濟效益評估分析

本章節主要介紹成本及碳排放量的計算，藉由試算的結果，讓使用者能了解計算之流程與大致的內容，並提供使用者作為日後參考。

1.3 定義

施工綱要規範之定義，與本使用手冊(草案)相關之定義為第 02966 章再生瀝青混凝土鋪面之再生瀝青混凝土刨除粒料(RAP)、再生級配粒料(RAM)、新粒料，第 02722 章級配粒料基層及第 02726 章級配粒料底層之天然級配粒料、基底層再生級配粒料相關定義之內容如表 1.1。依營建事業再生利用之再生資源項目及規範，瀝青混凝土挖(刨)除料，來源為事業產生之瀝青混凝土挖（刨）除料。用途為瀝青混凝土鋪面材料、級配粒料基層材料、級配粒料底層材料、非農業用地之工程填方材料(基地及路堤填築、構造物開挖後回填材料)等。

表 1.1 道路工程再利用粒料之種類及定義

種類	定義
再生瀝青混凝土粒料(RAP)	係以既有路面之瀝青混凝土材料經挖（刨）除運回拌合廠打碎後可再用者
再生級配粒料(RAM)	係以既有路面之級配粒料經挖除運回拌合廠處理後可再利用者
新粒料	未使用過之級配粒料
天然級配粒料(施工綱要規範第 02722 章、施工綱要規範第 02726 章)	係指天然岩石或礫石經碎解、篩選或混合程序所製成之級配粒料。
基底層再生級配粒料	應符合施工綱要規範 02722 章、02726 章之相關規定，其再生材料之來源包括： 一、瀝青混凝土挖（刨）除料軋製而成之級配料，其品質應符合「內政部營建事業再生利用之再生資源項目及規範」、「經濟部再生利用之再生資源項目及規範」之要求，其再利用用途為「道路工程粒料」，並經主管機關同意使用者。 二、再生級配粒料適用於再生粒料或混有天然粒料之再生粒料。

第二章、瀝青混凝土刨除料

2.1 基本性質

瀝青混凝土刨除料經過再生利用處理包括打碎、雜物剔除、過篩等步驟，成為瀝青混凝土或工程填方的原料。在破碎過程中，會產生級配降級問題，且又外層裹油包覆。因此加入天然級配重新拌合作為級配粒料，其外層裹油包覆將不影響作為級配之功能，經過相關基本性質試驗結果符合後，可作為再生級配粒料摻配使用。瀝青混凝土刨除料之基本性質及對應之試驗規範如表 2.1 所示。

表 2.1 瀝青混凝土刨除料之基本性質與試驗表

<table>
<tr><th>試驗項目</th><th colspan="2">試驗方法</th><th colspan="2">標準值</th></tr>
<tr><td>篩分析</td><td colspan="2">CNS 486　粗、細粒料篩析法</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>比重</td><td colspan="2">CNS 487　細粒料比重與吸水率試驗法
CNS 488　粗粒料比重與吸水率試驗法</td><td colspan="2">≧1.5</td></tr>
<tr><td>吸水率(%)</td><td colspan="2">CNS 487　細粒料比重與吸水率試驗法
CNS 488　粗粒料比重與吸水率試驗法</td><td colspan="2">≦20</td></tr>
<tr><td>磨損率(%)</td><td colspan="2">CNS 490　粗粒料(37.5 mm以下)洛杉磯磨損試驗法</td><td colspan="2">< 50</td></tr>
<tr><td rowspan="3">健度(%)</td><td colspan="2">CNS 1167 使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法</td><td>粗刨除料</td><td>細刨除料</td></tr>
<tr><td colspan="2">硫酸鈉溶液</td><td>≦12</td><td>≦15</td></tr>
<tr><td colspan="2">硫酸鎂溶液</td><td>≦18</td><td>≦20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">液塑性(%)</td><td colspan="2" rowspan="2">CNS 5088 土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法</td><td>液性</td><td>塑性</td></tr>
<tr><td>25</td><td>6</td></tr>
<tr><td>膨脹率(%)</td><td colspan="2">CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法</td><td colspan="2">< 0.5</td></tr>
<tr><td>含砂當量(%)</td><td colspan="2">CNS 15346 土壤及細粒料之含砂當量試驗法</td><td colspan="2">≧20</td></tr>
</table>

2.2 來源

台灣地區之路面大部份為瀝青混凝土鋪面，並且逐年的增加成長。熱拌再生瀝青混凝土在法規的限制下，瀝青混凝土刨除料（Recycled asphalt pavement, RAP）添加上限為 40％，但在每年道路總長及面積逐年增加的情形下，反映出瀝青鋪面經維修後所產出之刨除料年產量隨年份大幅增加，導致多年來各縣市之廠商陸續貯存之刨除料已達飽和，進而衍生出瀝青混凝土刨除料堆置及相關環保問題。

瀝青混凝土刨除料為經老舊路面刨起後，運置瀝青混凝土廠堆放，經過打碎、雜物剔除、過篩等步驟，成為瀝青混凝土刨除料，添加級配粒料後，進行拌合後的再生利用。流程圖如圖 2.1 所示；詳細之刨除料處理流程如圖 2.2 所示。

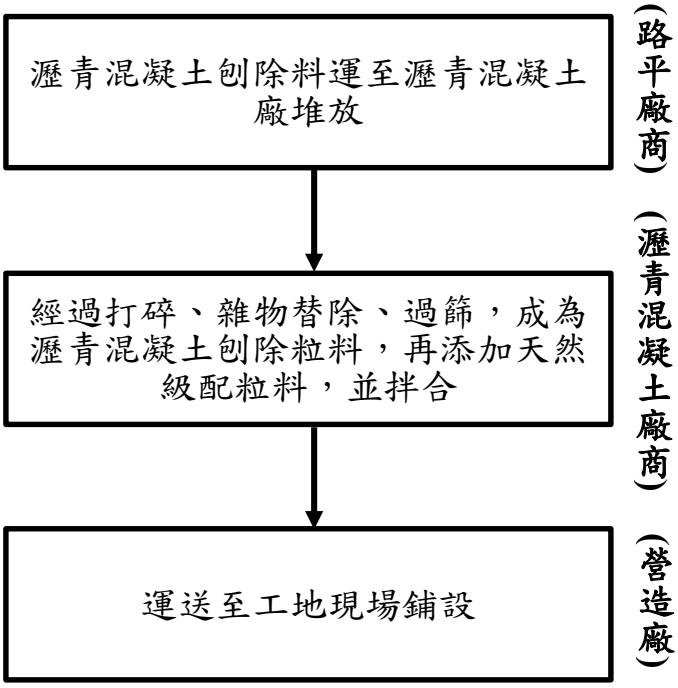


圖 2.1 瀝青混凝土刨除料再利用流程圖

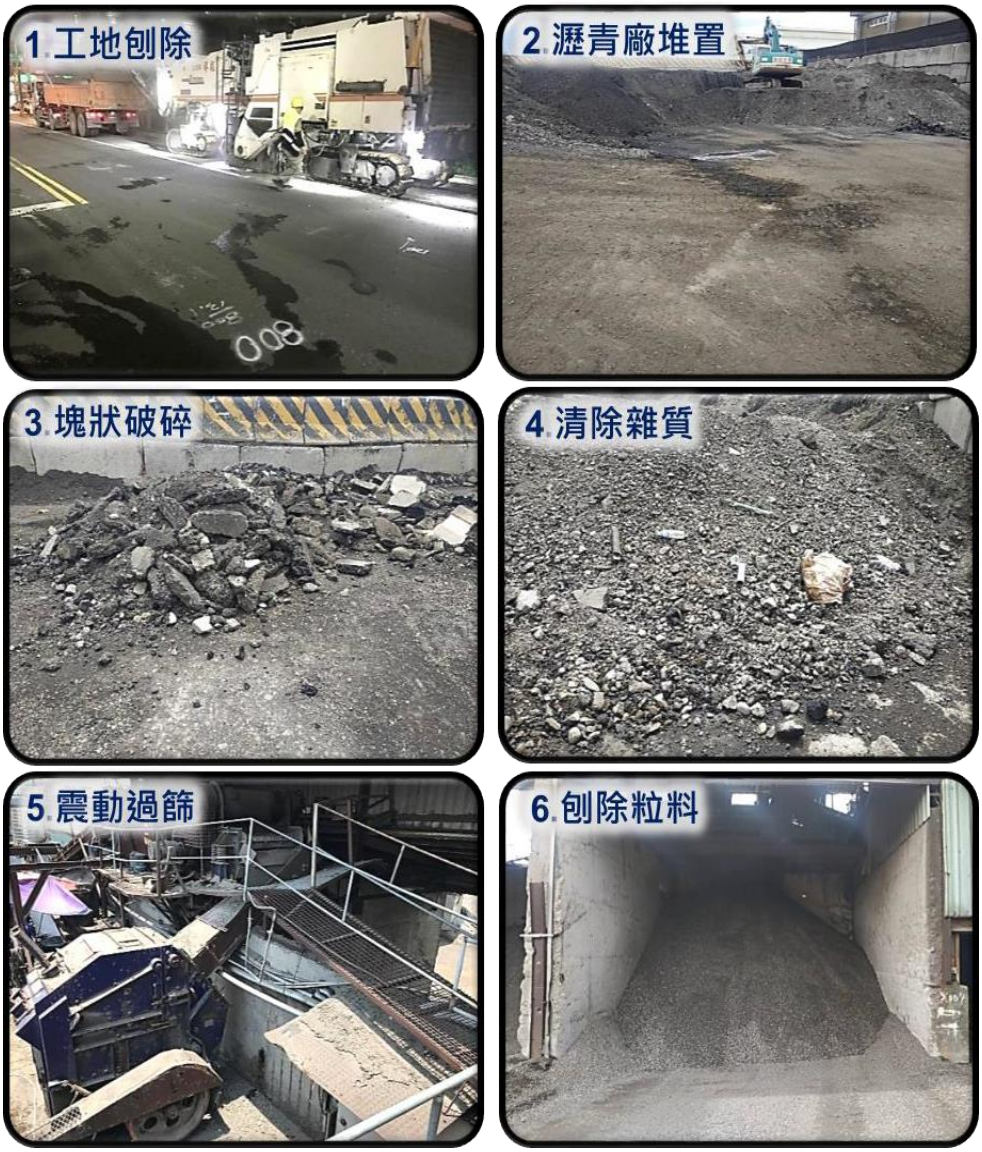


圖 2.2 刨除料處理流程

2.3 產量分析

以瀝青公會桃園市會員處理量能資料進行勾稽分析，依我國台灣區瀝青工業同業公會之處理量能資料進行比對，先統計每個瀝青廠的總設備能量，可得知每個瀝青廠可產生的設備能量，且設備能量代表該設備每分鐘可拌合的生產量(例：設備能量為 2.0T 則表示其設備每分鐘可拌合 2.0T 之瀝青混合料量)，將此數據等比例放大。假設設備

能量為 2.0T 的設備一年運作一半的天數(估算 182 天)，每天拌合 4 小時做計算，則每年可產生的產品量約 87,360 公噸刨除量(此數字為最大化產生量)。各瀝青廠推估之生產量如表 2.2 示，以每年生產量推估路面到達使用年限後轉化成刨除料量。

表 2.2 瀝青公會桃園市會員處理量能資料彙整表

縣市	編號	會員名稱(廠名)	工廠設備	推估每分鐘生產量(公噸)	推估每年產生的產品量(公噸)
桃園市	1	建中工程股份有限公司-桃園廠	AC 設備能量 1.0T	1	43,680
	2	弼聖實業股份有限公司	AC 設備能量 2.0T	2	87,360
	3	盛功瀝青工業股份有限公司	AC 設備能量 1.6T	1.6	69,888
	4	偉雍工業股份有限公司	AC 設備能量 2.0T+2.0T	4	174,720
	5	路盛實業股份有限公司	AC 設備能量 2.0T+3.0T+4.5T	9.5	414,960
	6	欣道實業股份有限公司-觀音廠	AC 設備能量 2.5T	2.5	109,200
	7	東利瀝青股份有限公司	AC 設備能量 2.0T	2	87,360
	8	中陸工業股份有限公司-觀音廠	AC 設備能量 2.0T	2	87,360
	9	三峽瀝青股份有限公司	AC 設備能量 2T	2	87,360
	10	建中工程股份有限公司-桃園二廠	AC 設備能量 2T	2	87,360
	11	大正瀝青拌合廠股份有限公司	AC 設備能量 3T	3	131,040
	12	協誠工業股份有限公司	AC 設備能量 2T	2	87,360
	13	永鑈工業股份有限公司	AC 設備能量 3T	3	131,040
合計					**1,598,688**

資料來源：台灣區瀝青工業同業公會，會員名冊(http://taia2.org.tw/)。

2.4 應用基底層之規格要求

如需應用於基底層時，可參照循環經濟再生粒料目的事業主管機規再利用規定、行政院公共工程委員會施工綱要規範、CNS 中華民國國家標準及中華民國交通部交通技術標準規範，除上述提及之規範及標準外，也須參照桃園市政府施工規範第 02722 章「級配粒料基層」與第 02726 章「級配粒料底層」之規定，確認粒料之規格要求皆符合以上規範及標準之規定，方可進行後續作業。

1. 循環經濟再生粒料相關管理規範

(1) 經濟部「事業廢棄物再利用管理辦法」，民國 111 年 6 月 28 日
(2) 經濟部「再生利用之再生資源項目及規範」，民國 111 年 12 月 5 日
(3) 內政部「營建事業再生資源再生利用管理辦法」，民國 94 年 10 月 31 日
(4) 內政部「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」，民國 102 年 6 月 17 日
(5) 內政部「營建事業再生利用之再生資源項目及規範」，民國 110 年 8 月 27 日

2. 行政院公共工程委員會施工綱要規範

(1) 第 02714 章　瀝青處理底層 V2.0，民國 100 年 3 月 27 日
(2) 第 02722 章　級配粒料基層 V9.0，民國 107 年 12 月 31 日
(3) 第 02726 章　級配粒料底層 V10.0，民國 107 年 12 月 31 日
(4) 第 02742 章　瀝青混凝土鋪面 V12.0，民國 111 年 9 月 5 日
(5) 第 02966 章　再生瀝青混凝土鋪面 V7.0，民國 102 年 8 月 14 日

3. CNS 中華民國國家標準

(1) CNS 486 粗細粒料篩析法

(2) CNS 487 細粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法

(3) CNS 488 粗粒料密度、相對密度(比重)及吸水率試驗法

(4) CNS 490 粗粒料（37.5mm 以下）洛杉磯磨損試驗法

(5) CNS 1167 使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法

(6) CNS 5088 土壤液性限度試驗、塑性限度試驗及塑性指數決定法

(7) CNS 11777 土壤含水量與密度關係試驗法(標準式夯實試驗法)

(8) CNS 11777-1 土壤含水量與密度關係試驗法(改良式夯實試驗法)

(9) CNS 12382 夯實土樣加州載重比試驗法

(10)CNS 12383 夯實土壤阻力 R 值及膨脹壓力試驗法

(11)CNS 14732 依粗料含量調整土壤夯實密度試驗法

(12)CNS 14733 以砂錐法測定土壤工地密度試驗法

(13)CNS 15305 級配粒料基層、底層及面層用材料

(14)CNS 15311 粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法

(15)CNS 15312 粗粒料中破碎顆粒含量試驗法

(16)CNS 15346 土壤及細粒料之含砂當量試驗法

(17)CNS 15358 公路或機場底層、基層用碎石級配粒料

4. 中華民國交通部交通技術標準規範

(1) 柔性鋪面厚度設計規範，民國 91 年 1 月 31 日

2.4.1 應用基層之規格要求

基層所用級配料主要有下列四類型，廠商應於施工前提出相關試驗報告，如 CBR 試驗報告，其結果應符合設計圖說之規定。

1. 第一類型

表 2.3 第一類型基層級配料之級配規定

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

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

2. 第二類型

(1) 級配

採用此類型基層級配料時，應在施工前，由廠商選定並徵得工程司之同意後，按所選定之級配施工。施工時，其實際級配與所選定級配之許可差，不得超過表 2.4 之規定。

表 2.4 第二類型基層級配料之級配規定

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

(2) 品質

第二類型基層級配料之品質應符合表 2.5 之規定。

表 2.5 第二類型基層級配料之品質規定

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

3. 第三類型

(1) 級配

第三類型基層級配料之級配應符合表 2.6 之規定。

表 2.6 第三類型基層級配料之級配規定

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

(2) 品質

第三類型基層級配料之品質應符合表 2.7 之規定。

表 2.7 第三類型基層級配料之品質規定

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

4. 第四類型

(1) 級配

第四類型基層級配料之級配應符合表 2.8 之規定。

表 2.8 第四類型基層級配料之級配規定

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

(2) 品質

第四類型基層級配料之品質應符合表 2.9 之規定。

表 2.9 第四類型基層級配料之品質規定

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

2.4.2 應用底層之規格要求

底層所用級配粒料主要有下列三類型，廠商應於施工前提出相關試驗報告(級配粒料配比報告、CBR 檢測報告)等，其結果應符合設計圖說之規定。底層所用級配粒料，必要時應按[CNS 1167]硫酸鈉健度試驗法試驗，試驗結果其重量損失不得大於[12 %]，或硫酸鎂健度試驗法試驗，試驗結果其重量損失不得大於[18 %]。又粗粒料之組成，以重量計算，至少應有[75 %]以上具有 2 個以上之破碎面。

1. 第一類型

第一類型底層級配粒料之級配，應符合表 2.10 內，A 或 B 型中之一種。

表 2.10 第一類型底層級配粒料之級配規定

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

2. 第二類型

(1) 級配

採用此類型底層級配粒料時，應在施工前，由工程司在表二所

列容許級配範圍內選定一種級配，或由廠商選定並徵得工程司之同意後，按所選定之級配施工。施工時，其實際級配與所選定級配之許可差，不得超過表 2.11 之規定。

表 2.11 第二類型底層級配粒料之級配規定

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

(2) 品質

第二類型底層級配粒料之品質應符合表 2.12 之規定。

表 2.12 第二類型底層級配粒料之品質規定

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

3. 第三類型

(1) 級配

第三類型底層級配粒料之級配應符合表 2.13 之規定。

表 2.13 第三類型底層級配粒料之級配規定

試驗篩 mm	通過方孔試驗篩之重量百分率（%）	
	A	B
50.0 （2in）	100	—
37.5 （1 1/2 in）	90～100	—
25.0 （1 in）	—	100
19.0 （3/4 in）	50～85	90～100
4.75 （No.4）	30～45	35～55
0.60 （No.30）	10～25	10～30
0.075（No.200）	2～9	2～9

(2) 品質

第三類型底層級配粒料之品質應符合表 2.14 之規定。

表 2.14 第三類型底層級配粒料之品質規定

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

2.4.3 冷拌瀝青混凝土相關規範

(1) **ASTM D4215**

Standard Specification for Cold-Mixed, Cold-Laid Bituminous Paving Mixtures.

(2) **AASHTO MP 31**

Standard Specification for Materials for Cold Recycled Mixtures with Emulsified Asphalt.

(3) **AASHTO MP 38**

Standard Specification for Mix Design of Cold Recycled Mixture with Foamed Asphalt.

(4) **AASHTO PP 86**

Standard Practice for Emulsified Asphalt Content of Cold Recycled Mixture Designs.

(5) **AASHTO PP 94**

Standard Specification for Determination of Optimum Asphalt Content of Cold Recycled Mixture with Foamed Asphalt.

(6) **ARRA CR201**

Recommended Recommended Mix Design Guidelines For Cold Recycling Using Emulsified Asphalt Recycling Agent.

(7) **ARRA CR202**

Recommended Mix Design Guidelines For Cold Recycling Using Foamed (Expanded) Asphalt Recycling Agent.

(8) 行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02714 章「瀝青處理底層」

(9) 行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02726 章「級配粒料底層」

(10)行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02727 章「再生級配粒料底層」

第三章、瀝青混凝土刨除料用於基底層之工程應用

3.1 工程用途

公共工程施工綱要規範之第 02722 章「級配粒料基層」、第 02726 章「級配粒料底層」規定，使用瀝青混凝土刨除料作為「道路級配粒料底層及基層」應經主管機關同意使用，應用於新建或養護道路工程之基底層時，其級配粒料品質除符合工程主辦機關之規範要求外，瀝青混凝土刨除料需符合 2.4 小節提及之相關規範規定。

一般道路鋪設構成之斷面如圖 3.1 所示。路基之上方為路面，包括基層、底層、面層。面層之上可依需要鋪設摩擦層，通常不作為路面結構之一部分。底層依據使用材料可分為瀝青處理底層與級配粒料底層，基層及底層承受路面荷重緩和傳佈於路基。路基為工地原有或人工填築之土壤基礎，基層、底層及面層三部分稱為路面結構，可依需要作適當之調整設計。

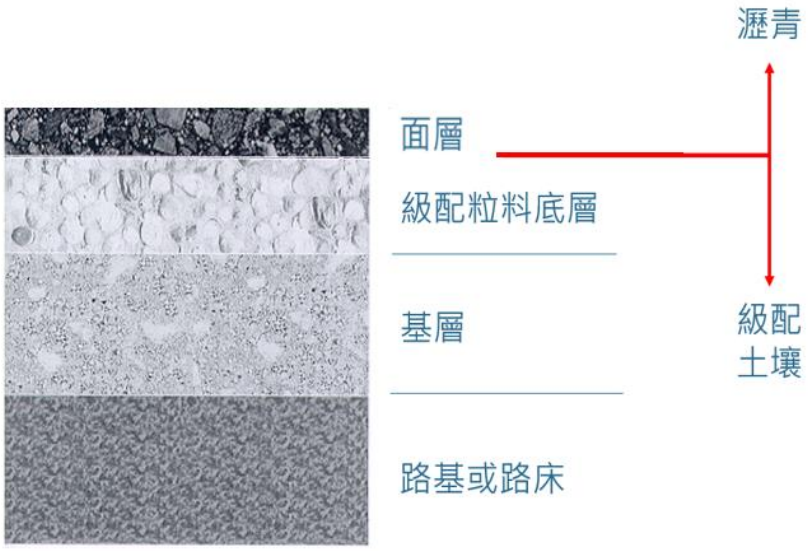


圖 3.1 道路鋪設構成之斷面

3.2 工程性質

本節依據瀝青刨除料應用於道路級配粒料基底層，蒐集瀝青刨除料篩分析、最佳含水量與密度、加州載重比等工程性質試驗，供使用單位參考。各項試驗方法皆參照 CNS 試驗標準，級配料為將天然粒料 2cm 碎石、1cm 碎石、天然砂與瀝青刨除料混合，其摻配比例分別為 40％(R40)、60％(R60)80％(R80)，如表 3.1 所示。由於國內級配粒料基底層試驗大多採用加州載重比法求取 CBR 值，故本手冊(草案)以加州載重比值(CBR)力學參數為依據，配置各別級配料比例後進行各項試驗以分析之。

表 3.1 再生級配粒料之粒料各比例添加百分比

粒料種類	2cm 碎石	1cm 碎石	天然砂	瀝青刨除料 (抽油前)
添加比例	%	%	%	%
R40	5	20	35	40
R60	8	10	22	60
R80	6	6	8	80

3.2.1 級配粒料篩分析試驗

此試驗之主要目的為測定級配粒料之粗、細粒料粒徑分布狀況，並檢視其是否符合 02722 章、02726 章之基底層級配類型規格，且對於級配料之產製與摻配設計提供相關之基本管控數據。

本手冊(草案)蒐集之文獻採用 R40、R60、R80 三種級配料，其分析結果如表 3.2。

表 3.2 再生級配粒料之各比例篩分析

粒料種類	R40	R60	R80	施工綱要規範 第 02722 章級配粒料基層 (第二類型)	施工綱要規範 第 02742 章級配粒料底層 (第二類型，最大標稱粒徑 3/4in)
篩號	過篩率(%)	過篩率(%)	過篩率(%)	過篩率(%)	過篩率(%)
3 in	100	100	100	---	---
2½ in	100	100	100	---	---
2 in	100	100	100	100	---
1½ in	100	100	100	90-100	
1 in	100	100	100	---	100
3/4 in	98.8	98.0	98.5	---	95~100
1/2 in	88.6	88.0	90.7	---	---
3/8 in	76.5	77.5	79.5	---	65-80
No.4	52.7	53.1	52.8	30-60	45-60
No.8	36.5	35.9	34.6	---	30-45
No.16	26.0	25.6	24.7	---	---
No.30	18.3	17.6	16.6	---	15-25
No.50	9.1	10.0	10.8	---	---
No.100	6.9	6.6	6.2	---	---
No.200	3.2	3.3	3.3	0-12	3-7

3.2.2 夯實試驗與最佳含水量

此試驗主要目的為求出土壤含水量與乾密度之關係，並決定土壤最佳含水量及最大乾密度，以作為後續加州承載比試驗之參考依據。

3.2.3 加州載重比試驗

此試驗主要目的為求得級配料之 CBR 值，檢視其是否符合 02722

章、02726 章之基底層級配類型之工程性質要求，並加以評估道路應用於路基、基層及底層之級配料潛在強度，通常以 CBR 值越高代表承載力越佳。

本手冊(草案)蒐集之文獻採用 R40、R60、R80 三種級配料，依據 CNS 11777-1 土壤含水量與密度關係試驗法(改良式夯實試驗法)與 CNS 12382 夯實土樣加州載重比試驗法進行試驗，其呈現趨勢分別由最佳含水量與最大乾密度隨著瀝青刨除料添加量增加而呈現降低趨勢，CBR 值亦然，顯示瀝青刨除料添加量越多，級配料之承載力相對降低，故做瀝青刨除料添加之應用時，應透過試驗尋求其最適之瀝青刨除料添加量，而非追求再生粒料最大量之去化。相關數據如表 3.3、CBR 值趨勢如圖 3.2。由實驗數據中發現，R80 之 CBR 值過於接近規範所要求之最小值 20，實際利用時，可能效果較為不佳，故後續內容不多做 R80 相關之詳細說明。

表 3.3 再生級配粒料各比例之 CBR 相關試驗

	OMC(%)	MDD(kg/m^3)	CBR(95%)
R40	7.4	2,124	54
R60	6.2	2,120	43
R80	5.7	2,097	26

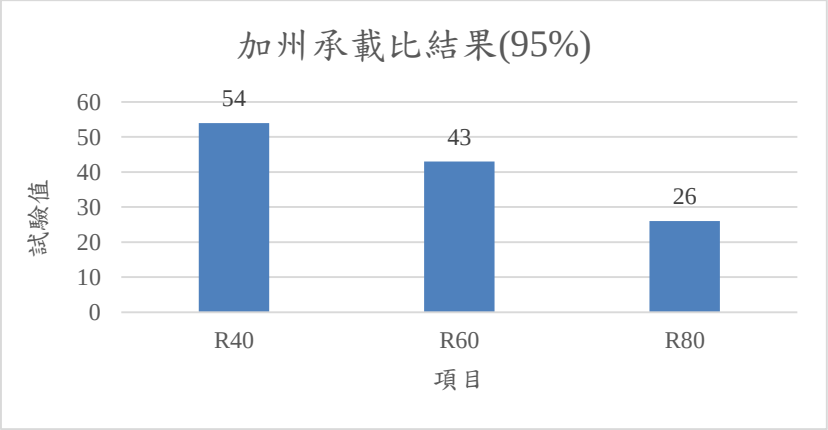


圖 3.2 R40、R60、R80　CBR 值趨勢圖

3.3 應用道路基底層配比設計試驗說明

瀝青混凝土刨除料作為道路基底層設計之目的、方法及步驟與應參考施工綱要規範第 02722 級配粒料基層及第 02726 級配粒料底層之級配粒料級配規定設計，並依據 CNS 11777-1「土壤含水量與密度關係試驗法（改良式夯實試驗法）」求得不同級配之最佳含水量以及最大乾密度，後續再依據 CNS 12382「夯實土樣加州載重比試驗法」求出不同級配之加州承載比(CBR)，已得知不同級配之力學性質，最後決定最適之基底層級配料設計配比，配合設計流程圖如圖 3.3 所示，另外冷拌再生瀝青混凝土配合設計如圖 3.4 所示。

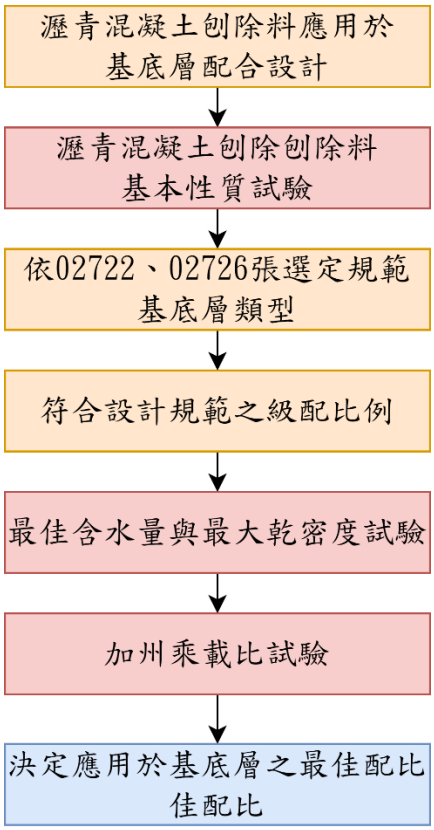


圖 3.3 基底層配合設計流程圖

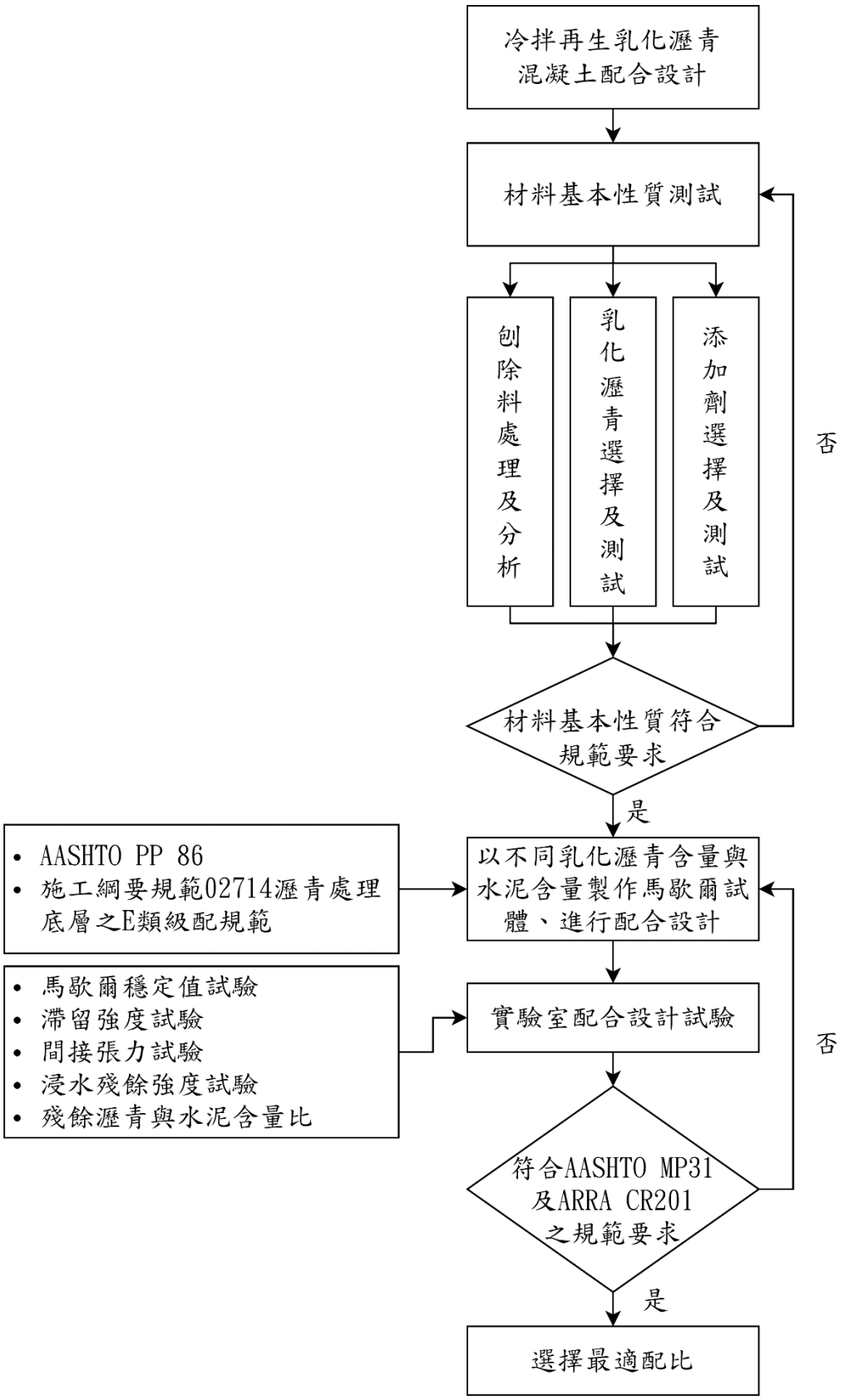


圖 3.4 冷拌再生乳化瀝青混凝土配合設計流程圖

本計畫後續將依現行案例之 R60 刨除級配粒料，繼續往上增加添加瀝青混凝土刨除料之比例，如 R70、R80、R90、R100，再考量可行性，包括試檢驗規範之需求、成本等方面，預計進行再生級配粒料之健度試驗、比重及吸水率試驗、最佳含水量及最大乾密度試驗、加州載重比試驗、篩分析試驗、含砂當量試驗等工程性質試驗，說明瀝青混凝土刨除料應用於級配粒料基底層之適用性，並依實際情況添加水泥以滿足達強度需求，供後續使用單位參考，相關之試驗項目、方法標準、目的如下所述。

3.3.1 刨除料基本物性試驗

刨除料應用於基底層需經過相關材料物性試驗，如篩分析、健度試驗、比重及吸水率試驗、洛杉磯磨損試驗、含砂當量試驗，試驗方法須依照 CNS 486、CNS 1167、CNS 487、CNS 488、CNS 490、CNS 15346 之規定標準辦理，上述試驗如下表 3.4 所列。

表 3.4 基本物性試驗

	試驗項目	試驗方法/標準	試驗目的
粒料基本物性試驗	篩分析	CNS 486	測定粒料之級配分布情形，並檢視是否適用符合規範要求。
	健度試驗	CNS 1167	測定粒料飽和硫酸鈉或硫酸鎂溶液內抵抗分解的能力，提供判斷風化作用下粒料之健性。測定安定化處理後粒料浸水後體積變化，尋求較適安定化處理程序與方法。
	比重、吸水率試驗	CNS 487 CNS 488	測定粒料在面乾內飽和或乾燥狀態之比重，以為混凝土配比設計及拌和之參考。測定粒料之表面含水量及吸水率，以為混凝土配比設計及拌和之參考。
	洛杉磯磨損試驗	CNS 490	使用洛杉磯磨損試驗機測定粗粒料之磨耗性，以判斷其堅硬程度，並根據試驗結果判定粒料品質是否符合混凝土粒料之基本需求。
	含砂當量試驗法	CNS 15346	含砂當量試驗係用以決定級配料中細粒料或土壤中粉土及黏土之含量，提供再生產或填築過程中粒料品質變化之快速工地試驗法。

3.3.2 級配料路基承載力試驗

刨除料應用於基底層經過相關材料物性試驗通過後，需依 02722 章級配粒料基層之規定選定規範基層類型及 02726 章級配粒料底層之規定選定規範底層類型，設計符合規範之級配比例，設計完畢後，須依以下承載力、含水量及液塑性等試驗決定刨除料應用於基底層之最佳配比，試驗項目如下表 3.5 所列。

表 3.5 承載力相關試驗

	試驗項目	試驗方法/標準	試驗目的
級配料路基承載力相關試驗	土壤含水量與密度關係試驗法 （標準式夯實試驗法）	CNS 11777	夯實試驗(Compaction Test)係用以測定土壤含水量與乾土單位重間之關係，進而決定最大乾單位重及最佳含水量作為填土工程之壓實控制之依據。
	土壤含水量與密度關係試驗法 （改良式夯實試驗法）	CNS 11777-1	夯實試驗(Compaction Test)係用以測定土壤含水量與乾土單位重間之關係，進而決定最大乾單位重及最佳含水量作為填土工程之壓實控制之依據。
	液性限度試驗	CNS 5088	求得土壤液性指數。藉由土壤基本性質，可提供運算用的基本參數，亦可初步研判土壤的工程性質。
	塑性限度試驗	CNS 5088	求得土壤塑性指數。藉由土壤基本性質，可提供運算用的基本參數，亦可初步研判土壤的工程性質。
	加州承載比	CNS 12382	土壤之加州載重比(California Bearing Ratio)簡稱 C.B.R.試驗，係路基土壤之貫入試驗，C.B.R.值可用以設計柔性路面及機場跑道鋪面厚度，C.B.R.試驗亦可用於土壤材料施工品質之控制依據。
	膨脹率試驗	CNS 15311	係用以因受水合作用影響導致體積膨脹之測試，亦可使用於評估類似粒料之老化，或減低材料潛在膨脹能量處理效率之評估

3.4 施工流程

本手冊(草案)之施工流程以 R60 為例，而 R60 之施工步驟及各項流程如下圖 3.3 及圖 3.4 所示。

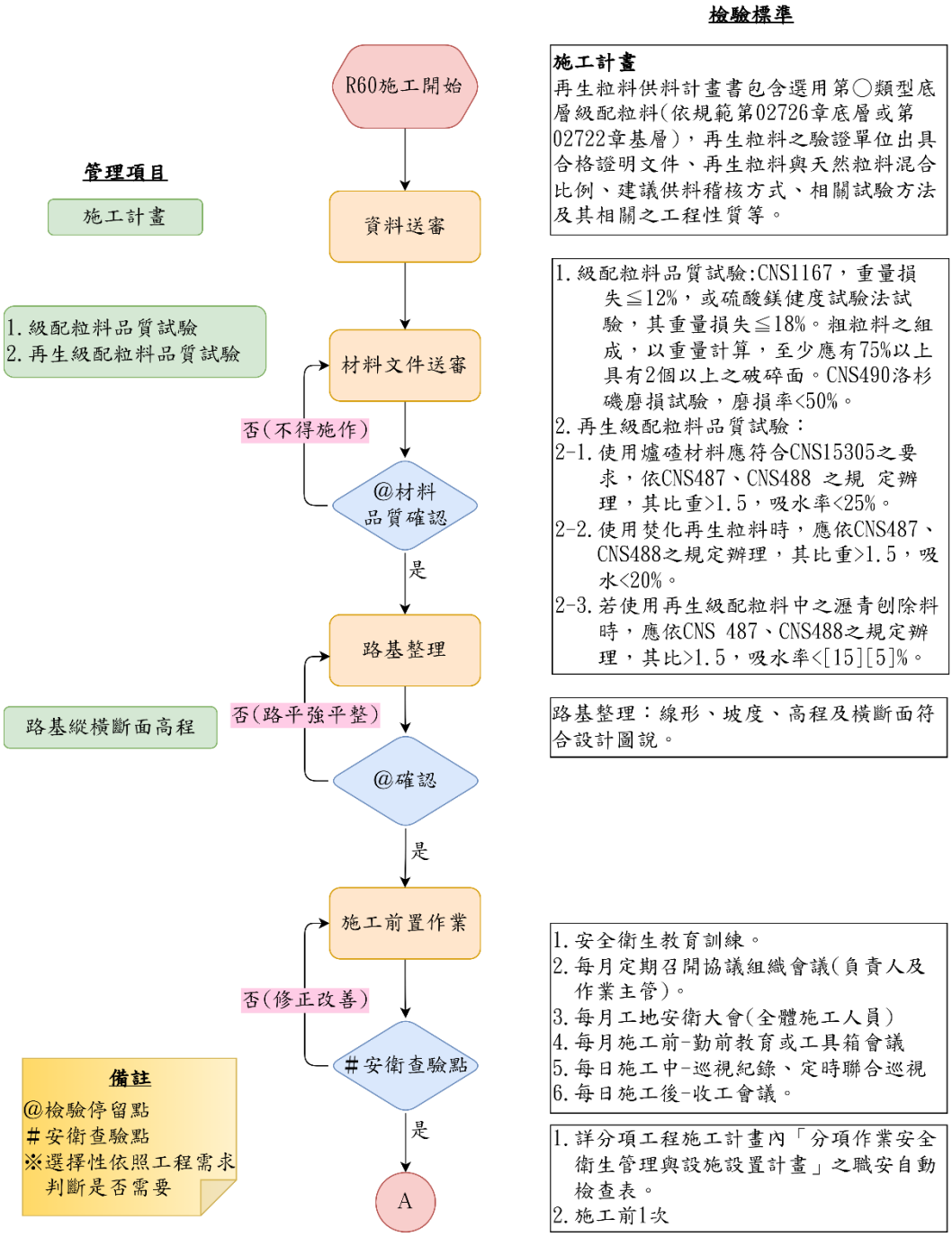


圖 3.5 R60 施工流程圖

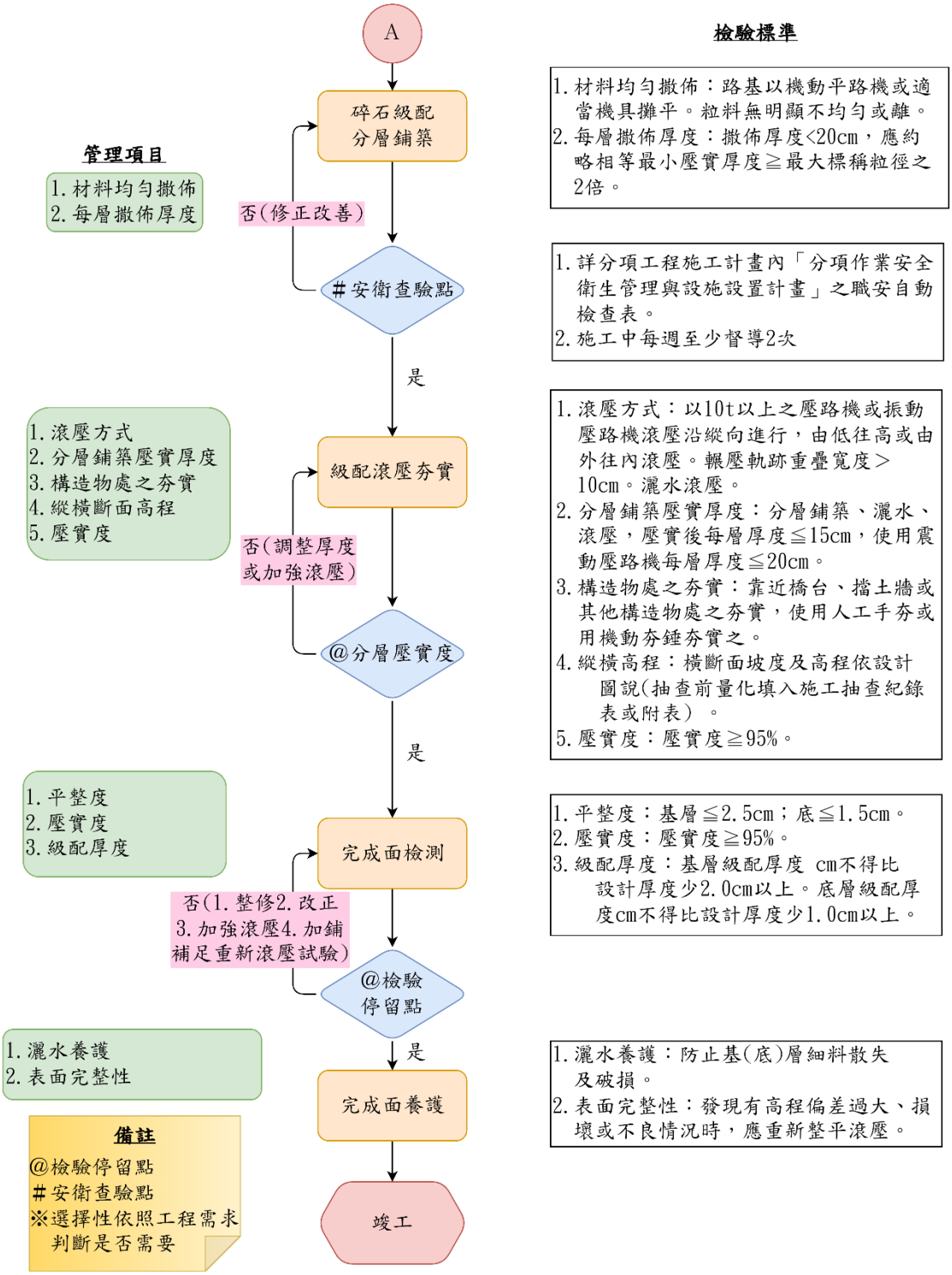


圖 3.6 R60 施工流程圖(續)

第四章、再生利用業者之生產與管理

內政部營建署前於 93 年奉行政院命令為瀝青混凝土挖（刨）除料再生利用業務之中央主管機關，依此內政部營建署於 98 年 05 月 27 日台內營字第 0980803882 號令公布修正「營建事業再生利用之再生資源項目及規範」規定，正式將事業產生之瀝青混凝土挖（刨）除料公告為再生資源項目，並於 111 年 12 月 5 日修正規範，內政部台內營字第 1110820153 號令修正發布，相關規範詳下表 4.1。

表 4.1 內政部營建署營建事業再生利用之再生資源項目及規範

項目	再生利用規範
瀝青混凝土挖（刨）除料	一、再生資源來源：事業產生之瀝青混凝土挖（刨）除料。
	二、再生利用用途：瀝青混凝土鋪面原料、級配粒料基層材料、級配粒料底層材料、非農業用地之工程填方材料(基地及路堤填築、構造物開挖後回填材料)。
	三、再生利用業者應具備下列資格： (一) 應具有再生資源前置作業機械設備(破碎設備、篩分設備等)。 (二) 再生利用用途為瀝青混凝土鋪面原料者： 1、應具有臺灣區瀝青工業同業公會會員資格。 2、屬製造業且依法辦理工廠登記之工廠，產品為熱拌瀝青混凝土。 3、應具有瀝青再生機組等相關設備。 (三) 再生利用用途為前款以外者：屬營造業，或屬製造業且依法辦理工廠登記或符合免辦理登記規定之工廠。
	四、運作管理： (一) 應符合營建事業再生資源再生利用管理辦法之規定。但在破解之前得採露天貯存。 (二) 本項目屬「清運免網路連線申報之再生資源項目」，依網路傳輸方式向行政院環境保護署申報再生資源之產出、貯存、清運、再使用、再生利用、輸入或輸出情形之申報格式、項目、內容及頻率之公告事項三規定，免依公告事項四(二)、五(二) 及八(一)規定申報或遞送聯單。 (三) 再生利用業者應向行政院環境保護署申報項目、內容、頻率及方式，應於每年一月、四月、七月、十月月底前連線申報前季再生資源收受、貯存、回收再利用情形及再生產品名稱、數量、營運狀況等資料。

	(四) 再生利用屬公共工程者，應由該工程之設計單位在該工程圖樣及說明書中載明使用再生材料之種類及數量，向工程主辦機關申請核准使用；屬非公共工程者，應由該工程之設計單位依使用個案檢討後，在該工程圖樣及說明書中載明使用再生材料之種類、數量、再生利用方式、施工規範、品質保證機制等，並經起造人同意後，依資源回收再利用法及本項目規範規定，進行再生利用。 (五) 本項目不得與廢棄物及其他物料混合清運。 (六) 再生利用應先經破碎、篩分等前處理。 (七) 再生利用用途為瀝青混凝土鋪面原料者，應符合下列規定： 1、品質應符合國家標準；未訂定國家標準者，得採行行政院公共工程委員會公共工程共通性工項施工綱要規範（以下簡稱施工綱要規範）第〇二九六六章再生瀝青混凝土鋪面、國際標準、工程主辦機關施工規範、目的事業主管機關認可之使用手冊之規定。 2、本項目作為熱拌再生瀝青混凝土之拌合比例，不得超過百分之四十。 3、再生利用業者應提出材料供料計畫書、配合設計報告書，經工程司核可後方得使用。 (八) 再生利用用途為級配粒料基層材料、級配粒料底層材料者，品質應符合國家標準；未訂定國家標準者，得採行施工綱要規範第〇二七二二章級配粒料基層、第〇二七二六章級配粒料底層、國際標準、工程主辦機關施工規範、目的事業主管機關認可之使用手冊之規定。 (九) 再生利用用途為非農業用地之工程填方材料(基地及路堤填築、構造物開挖後回填材料)者，應依建築法規定取得建造執照或雜項執照。但屬公共工程之非建築工程者，不在此限。其品質應符合國家標準；未訂定國家標準者，得採行施工綱要規範第〇二七二二章級配粒料基層、第〇二七二六章級配粒料底層、國際標準、工程主辦機關施工規範、目的事業主管機關認可之使用手冊之規定。 (十) 各工程主辦機關及直轄市、縣(市)政府應通盤檢討轄區內瀝青混凝土挖(刨)除料去化情形，且應優先評估使用瀝青混凝土挖（刨）除料於瀝青混凝土鋪面原料及道路工程之級配粒料基層材料、級配粒料底層材料。
	五、含轉爐石、氧化碴、橡膠或焚化再生粒料之瀝青混凝土挖(刨)除 料之再生利用用途限於道路工程之瀝青混凝土鋪面原料、級配粒料 基層材料、級配粒料底層材料，其運作管理除應符合第四點規定外，並應符合下列規定： (一) 含轉爐石、氧化碴、橡膠或焚化再生粒料之瀝青混凝土挖(刨) 除料應與一般瀝青混凝土挖(刨)除料分開堆置。再生利用時， 應經工程司或設計單位依使用個案檢討後，撰寫為個案之施工規範，納入招標文件訂入契約。 (二) 含轉爐石、氧化碴之再生利用產品用途為道路工程之級配粒料基層材料、級配粒料底層材料者，品質要求依國家標準一五三五八公路或機場底層、基層

	用碎石級配粒料，粒料經養治或其他已知之處理方式降低其膨脹潛能至理想程度，且依國家標準一五三一一粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法測試其七天膨脹量不超過百分之零點五。 (三) 含轉爐石、氧化碴、橡膠或焚化再生粒料之再生利用產品用途為道路工程之級配粒料基層材料、級配粒料底層材料者，其使用應符合下列規定： 1、不得使用於依都市計畫法劃定為農業區、保護區、依區域計畫法劃定為特定農業區、一般農業區及依非都市土地使用管制規則劃定各使用分區內之農牧用地、林業用地、養殖用地、國土保安用地、水利用地，及上述分區內暫未依法編定用地別之土地範圍內。 2、不得使用於依國家公園法劃定為國家公園區內，經國家公園管理機關會同有關機關認定作為前目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、使用於陸地時，應高於使用時現場地下水位一公尺以上。 6、粒徑小於四點七五公厘者，應先以其他工程材料隔離。 7、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。 (四) 含轉爐石、氧化碴、橡膠或焚化再生粒料之再生利用產品如中央目的事業主管機關或環境保護機關有特別規定者，應優先適用之。

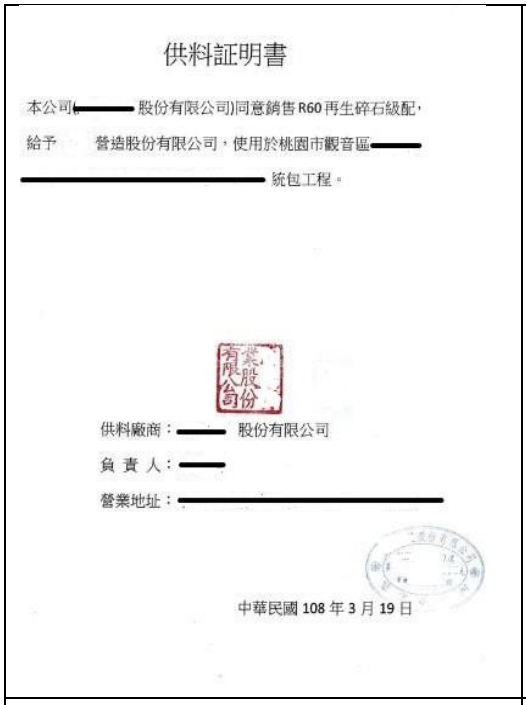
資料來源：內政部營建署，營建事業再生利用之再生資源項目及規範 110.08.27 修正

依據「資源回收再利用法」第 15 條規定，「再使用之再生資源項目，由中央主管機關公告之」，故瀝青混凝土挖（刨）除料屬內政部營建署公告之再生資源項目，非屬廢棄物。

4.1 再生利用業者再生利用管理

4.1.1 料源管理

相較於天然材料級配，使用再生材料級配之料源管理更加重要，不但須確保刨除料為可利用材料，亦須確保其料源之穩定性，尚可控制級配之品質，因此料廠需提供材料供料證明書，以及供料來源證明書，嚴格管制品質並無摻用海砂與其他有害物質且刨除料為營建廢棄物，再生利用業者需取得固定汙染源操作許可證，相關再生利用業者重要證明文件如圖 4.1 至 4.4 所示，另外建議須請再生利用業者於施工前提供供料計畫，並由營造單位提供給主辦機構。[4]

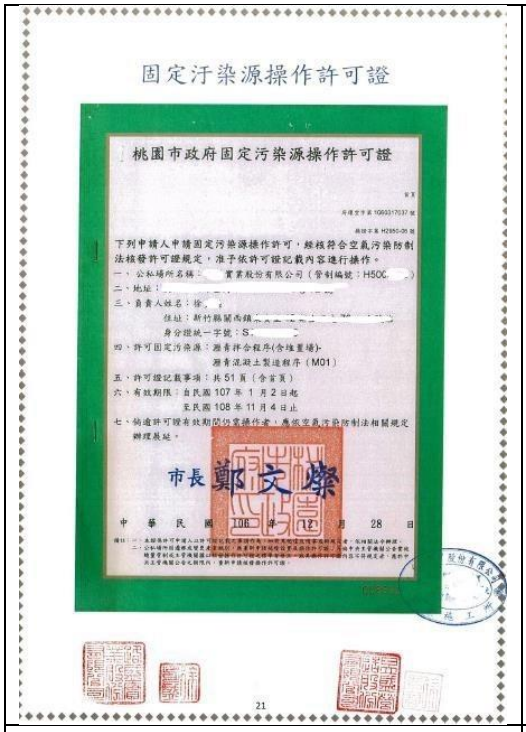


供料証明書

本公司(■■■■股份有限公司)同意銷售 R60 再生碎石級配，

給予　營造股份有限公司，使用於桃園市觀音區■■■■

■■■■



固定汙染源操作許可證

桃園市政府固定污染源操作許可證

正 本

下列申請人申請固定污染源操作許可，經核符合空氣污染防制法核發許可證規定，准予依許可證記載內容進行操作。

一、公私場所名稱：[redacted]實業股份有限公司（管制編號：H50C[redacted]）

二、地址：[redacted]

三、負責人姓名：徐[redacted]

住址：新竹縣關西鎮[redacted]

身分證統一字號：S[redacted]

四、許可固定污染源：瀝青拌合程序(含堆置場)、瀝青混凝土製造程序（M01）

五、許可證記載事項：共 51 頁（含首頁）

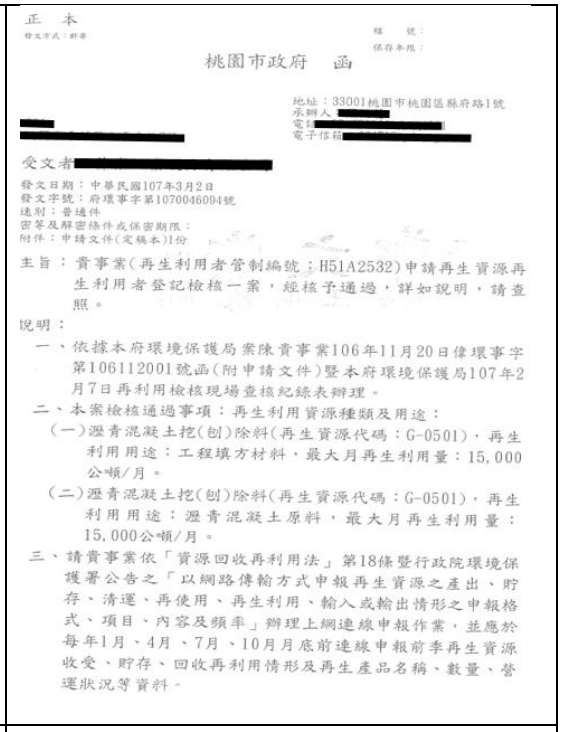
六、有效期限：自民國 107 年 1 月 2 日起至民國 108 年 11 月 4 日止

七、倘適許可證有效期間仍繼續操作者，應依空氣污染防制法相關規定辦理展延。

市長 鄭文燦

中 華 民 國 106 年 12 月 28 日

圖 4.3 固定汙染源操作許可證



正 本

桃園市政府 函

地址：33001桃園市桃園區縣府路1號

受文者[redacted]

發文日期：中華民國107年3月2日

發文字號：府環事字第1070046094號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：申請文件(定稿本)1份

主旨：貴事業(再生利用者管制編號：H51A2532)申請再生資源再生利用者登記檢核一案，經核予通過，詳如說明，請查照。

說明：

一、依據本府環境保護局案陳貴事業106年11月20日偉環事字第106112001號函(附申請文件)暨本府環境保護局107年2月7日再利用檢核現場查核紀錄表辦理。

二、本案檢核通過事項：再生利用資源種類及用途：

(一)瀝青混凝土挖(刨)除料(再生資源代碼：G-0501)，再生利用用途：工程填方材料，最大月再生利用量：15,000公噸/月。

(二)瀝青混凝土挖(刨)除料(再生資源代碼：G-0501)，再生利用用途：瀝青混凝土原料，最大月再生利用量：15,000公噸/月。

三、請貴事業依「資源回收再利用法」第18條暨行政院環境保護署公告之「以網路傳輸方式申報再生資源之產出、貯存、清運、再使用、再生利用、輸入或輸出情形之申報格式、項目、內容及頻率」辦理上網連線申報作業，並應於每年1月、4月、7月、10月月底前連線申報前季再生資源收受、貯存、回收再利用情形及再生產品名稱、數量、營運狀況等資料。

圖 4.4 再生利用業者核可文件

再生利用業者之刨除料進場後須先進行檢驗，檢驗之項目及標準如第二章之表 2.1 所示，檢驗合格後尚可進行刨除料之破碎，並進行刨除料 RAP 之篩分析試驗，了解其級配曲線後，與天然級配料進行級配調整，再生級配料詳細生產流程圖如圖 4.5 所示，而再生利用業者之材料控管流程圖如圖 4.6 所示，建立再生利用業者之料源管理後，可確保整體材料供料之穩定性，進而控制鋪面品質。

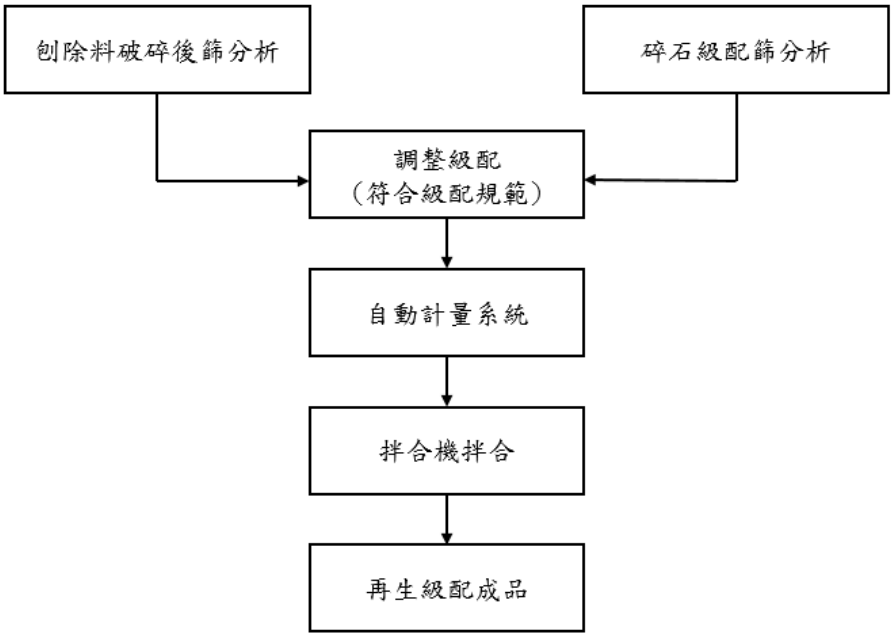


圖 4.5 再生級配料生產流程圖

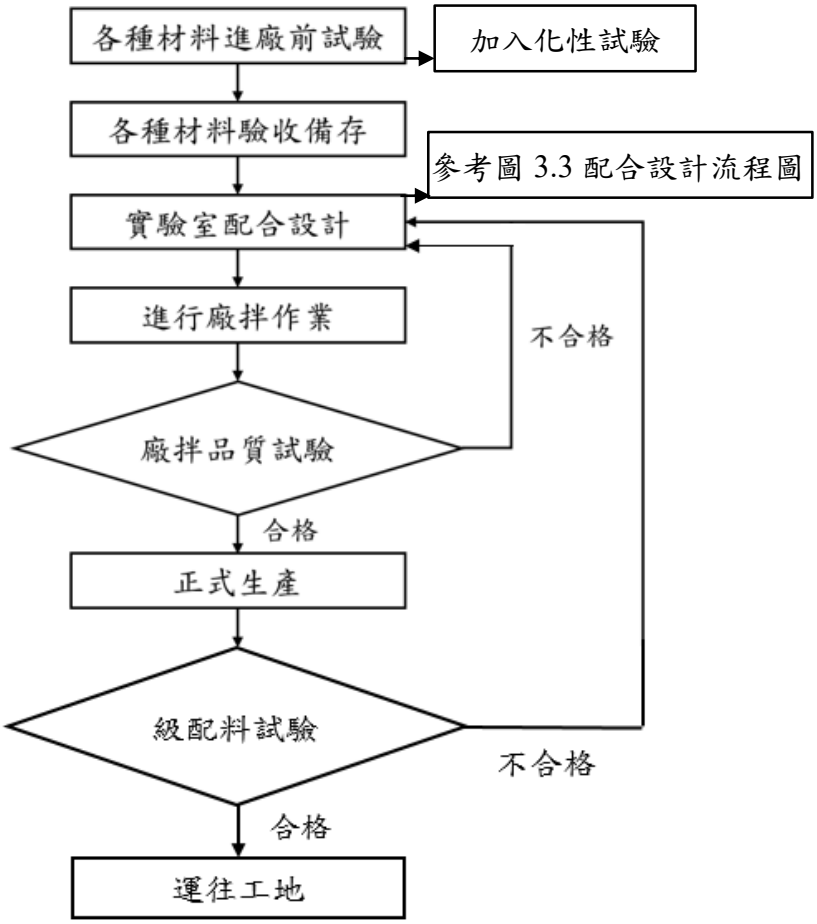


圖 4.6 再生利用業者材料管理流程圖

4.1.2 再生利用業者材料進料管理

天然粒料及刨除料進場時收料人員應先目視檢測，判斷粒料之整潔度、含泥量、級配粒徑之合適性，連同運送車輛之入場時間、車號、司機姓名、粒料種類等紀錄，先行以目視進行初步判斷潔淨程度及不含其他雜質(如:植物、土塊、營建廢棄物.…等)後，方可進入堆料區，若目視不合格，要求改善後始可收料。

1. 天然粒料試驗

冷料倉粒料之檢驗作業由廠內品管人員辦理檢驗，再生利用級配粒料出料期間，每日應自露天堆料區取樣，若未出料則可免檢驗，並將紀錄留存，其檢驗項目及內容如下表 4.2、表 4.3 所示。碎石級配試驗之廠內允收標準數值由各廠訂定。

表 4.2 天然粒料(粗粒料)檢驗項目

粒料種類	檢驗項目	試驗方法
粗粒料	篩分析	CNS 486
	比重	CNS 488
	吸水率	
	洛杉磯磨損	CNS 490
	健性	CNS 1167
	含砂當量	CNS 15346

表 4.3 天然粒料(細粒料)檢驗項目

粒料種類	檢驗項目	試驗方法
細粒料	篩分析	CNS 486
	比重	CNS 487
	吸水率	
	健性	CNS 1167
	含砂當量	CNS 15346
	液塑性	CNS 5088

2. 刨除料試驗

由廠內品管人員辦理檢驗,工地銑刨之瀝青混凝土經卡車運回後，應先堆置於廢料場，由廠務人員視堆置情況以破碎機輾碎，再經震動篩分為粗細粒料。品管人員應於每批刨除料進場時辦理進料檢驗，其檢驗項目及內容如下表 4.4 所示。刨除料試驗之廠內允收標準數值由各廠訂定。

表 4.4 刨除料檢驗項目

粒料種類	必要檢驗項目	試驗方法
瀝青混凝土刨除料	篩分析	CNS 486
粒料種類	建議檢驗項目	試驗方法
瀝青混凝土刨除料	比重與吸水率	CNS 487 CNS 488
瀝青混凝土刨除料	磨損率	CNS 490
瀝青混凝土刨除料	健度	CNS 1167
瀝青混凝土刨除料	液塑性	CNS 5088
瀝青混凝土刨除料	膨脹率	CNS 15311
瀝青混凝土刨除料	含砂當量	CNS 15346

4.2 生產

4.2.1 製程

1. 再生級配粒料拌合比例由品管單位依工程機關需求進行，先由品管人員會同廠商及監造取得新材料依施工綱要規範第 02722 章級配粒料基層及施工綱要規範第 02726 章級配粒料底層第 2.2 節中之規定，試驗後依其結果進行摻配，品管人員將摻配比例交由生管人員輸入操作盤系統中，在未經業主同意之前，不得自行修改摻配比例設定。

2. 品管人員依所得試驗結果及出料摻配前材料篩分析及含水量結果，得出各粒料使用比例，換算成各粒料使用之重量，再交由生管人員輸入操作盤中。

3. 生管人員應按各料斗設定支配比檢核其合成級配之差異應在容許範圍內。
4. 品管人員於產製過程中，應隨時注意控制盤上各項數值，並經由廠內抽測之篩分析試驗結果配合含水量試驗，建議於現場施工前 1 小時內進行含水量試驗，判斷大氣溫度、運送路程等影響水份損失之因素，適度調整各粒料比例重量，以達到工地施工之需求。

4.2.2 生產操作

1. 接受調度人員傳送之出貨資訊後，應先確認輸入電腦之資訊是否正確，如有錯誤則立即回報及更正。
2. 應視再生級配粒料均勻程度，酌予延長其拌合機乾拌時間，使其能均勻。
3. 應每日依生產過程中所發生之情況，填寫產製作業自主檢查表，並提送主管簽核。

4.3 再生利用業者品質管理

4.3.1 材料品質

1. 材料品質之要求如無特殊需求，則依照下列規定：
   (1) 應符合行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02722 章之規定。
   (2) 應符合行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02726 章之規定。
2. 品管人員應依工程契約規定，於施工前會同廠商及監造人員，委請 TAF 認證實驗室辦理相關材料試驗，考量再生粒料性質摻配設計時，可能會低於此限制比例，試驗結果送交業主認可後，得以開始生產再生級配粒料。

3. 再生級配粒料之刨除料摻配比例廠商可依照現地情形自行選用，經試驗後符合施工綱要規範第 02722 章、第 02726 章試驗項目要求即可，而廠商可視現場需求於再生級配粒料中添加水泥，以增加產品性能，水泥之摻配比例同樣視現場需求，符合規範規定即可。

4.3.2 配比管制

1. 出貨時生管人員應按各料斗設定之配比檢核其合成級配之差異是否在容許範圍內。依新粒料及再生粒料篩分析與含水量之結果調整粒料比例及重量。
2. 若產製過程中需調整配比，修正完成後，由品管人員確認，經品管主任同意後，提送操作人員輸入，作為量產之配比。
3. 經確認後之配比，如為當日使用至更改回原配比日期止，更改回原配比後應由品管主任確認後存檔。
4. 電腦存檔之配比應由品管主管每月不定期抽核，確認與配比總表之內容一致。

4.3.3 出廠檢驗

1. 外觀檢測項目包含、拌合時間、最大粒徑、色澤均勻、雜質(不可含有石膏、黏土塊、橡膠、塑膠、紙、布、木材及其他易碎物質)及最佳含水量，並將結果記錄。
2. 目視檢測頻率為每工地每出料 10 車次至少一次。
3. 目視符合管制目標者，視為合格之再生級配粒料。操作員即予放行。
4. 含水量不符合管制目標者則應經由品管人員確認後放行，可以用適當方式調整含水量(過乾時可告知工地現場以噴霧式灑水車以噴灑適當水量，過濕則可於工地現場以翻曬方式調整之)至管制範圍後再次進行管制。

5. 出料時，品管人員每塊工地每天至少查驗乙次含水量及篩分析。
6. 含水量範圍應在試驗結果之最佳含水量±2% 內。
7. 篩分析與配比之誤差應在該工程契約規定之許可範圍內。
8. 試驗結果若有不符合管制目標時，品管主任應呈報各單位主管，並依規定謀求改善對策。
9. 品管人員應視出料狀況及現場需求，不定期進行相關試驗，以確認再生級配粒料之品質皆符合施工綱要規範第 02722 章及第 02726 章之要求。

4.3.4 現場檢驗

1. 品管人員配合工地要求及合約規定進行查驗時，應依業主及監造要求進行，並送業主指定之實驗室辦理檢驗，其檢驗結果皆須符合施工綱要規範第 02722 章及第 02726 章之要求。
2. 試驗結果不合格時,除依客戶合約辦理外,另應依提出矯正措施,經主管合格後進行改善。

第五章、瀝青混凝土刨除料用於基底層之規定及案例

5.1 適用範圍

5.1.1 基層之適用範圍

符合施工綱要規範「第 02722 章 級配粒料基層」所規定之材料，得採用天然級配粒料、再生級配粒料或其混合料。其工作範圍涵蓋基層所用級配粒料之篩選、拌和、撒鋪、滾壓、養護等。

5.1.2 底層之適用範圍

符合施工綱要規範「第 02726 章 級配粒料底層」所規定之材料，得採用天然級配粒料、再生級配粒料或其混合料。其工作範圍涵蓋底層所用級配粒料之篩選、拌和、撒鋪、滾壓、維護等。

5.2 材料標準

5.2.1 基層之材料標準

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

2. 級配粒料須清潔、不含有機物、塊狀或團狀之土塊、雜物及其他有害物質，且於加水滾壓後，容易壓成一堅固而穩定之基層者，其粗粒料應質地堅韌及耐久，經 CNS 490 洛杉磯磨損試驗，其磨損率不得大於 50 %。

3. 再生級配粒料應包括來源、處理製程、品質管制措施等；材料相

關性質應經驗證符合環保法規之無害標準，且滿足道路工程需求，並有文件證明者。

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

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

6. 基層級配粒料之級配及品質，廠商應於施工前提出相關試驗報告，其結果應符合設計圖說之規定。級配粒料篩分析應依 CNS 486 之規定辦理。

5.2.2 底層之材料標準

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

2. 級配粒料須清潔、不含有機物、塊狀或團狀之土塊、雜物及其他有害物質，且　於加水滾壓後，容易壓成一堅固而穩定之底層者，其粗粒料應質地堅韌及耐久，經洛杉磯磨損試驗 CNS 490 結果，其磨損率不得大於 50 %。

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

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

5. 底層級配粒料之級配及品質，廠商應於施工前提出相關試驗報告，其結果應符合設計圖說之規定。底層所用級配粒料，必要時應按 CNS 1167 硫酸鈉健度試驗法試驗，試驗結果其重量損失不得大於 12 %，或硫酸鎂健度試驗法試驗，試驗結果其重量損失不得大於 18 %。又粗粒料之組成，以重量計算，至少應有 75 %以上具有 2 個以上之破碎面。級配粒料篩分析應依 CNS 486 之規定辦理。

5.3 施工

5.3.1 施工方法

1. 施工氣候：雨天時視氣候狀況，經工程司同意後方可施工。

2. 施工所用之機械、工具設備等，均須先經工程司檢視同意方可使用，並須經常保養以維持良好之作業狀況，所有機具設備，必須準備充份，以使工程能在適當之配合下順利進行，不至發生不必要之延誤或中斷等情事。

5.3.2 路基整理

1. 鋪築基層或底層前，路基全寬均應清除草木及其他雜物，並將所有清除物依工程司指示予以運棄，低窪處或車轍之積水應先予排除。

2. 上述第三點之工作完成後，全路基面應修成均勻之表面，其平整度符合 3m 直規測量，許可差不得大於 3cm。

3. 在填方段路基頂面下 75cm 以內之路基材料，應壓實至 AASHTO T180 最大乾密度之 95%以上；在挖方段路基頂面下 30cm，應壓實至 AASHTOT180 試驗最大乾密度之 95%以上。

4. 若基面下有鬆軟材料，以致影響路基滾壓工作時，該部分路基應予翻鬆、曝曬或挖棄換填符合設計路基強度 CBR 值、R 值、Mr 之材料，然後依照工程司之指示，壓實至規定壓實度。

5. 在路基整型修面時，其頂層過高部分應予刮除，所刮除之剩餘材料，用於頂層高程不足地點或棄置之。

6. 缺料時應補充新料，將原有之頂層耙鬆，加水拌和，並滾壓整修至合乎規定。

7. 經過整修後，路基頂面應保持其整修完成之狀態，並繼續維護直至基層或底層開始鋪築時為止。

5.3.3 撒鋪材料

1. 於基層撒鋪材料時，將運達工地之合格材料分堆堆置於路基上，然後以機動平路機攤平；於底層撒鋪材料時，運達工地之合格材料，可直接倒入鋪料機之鋪斗中，攤平於已整理完成之路基或基層面上或分堆堆置於路基或基層上，然後以機動平路機或其他機具攤平。

2. 在撒鋪之前，如工程司認為必要，應按其指示在路基上灑水，以得一適宜之濕度。

3. 撒鋪時，如發現粒料有不均勻或析離現象時，應按工程司之指示，以機動平路機拌和至前述現象消除為止。

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

5. 於基層鋪設時，應避免損及其下面之路基，並按所需之全寬度鋪設；於底層鋪設時，應避免損及其下面之路基、基層或已鋪設之前一層，並按所需之全寬度鋪設。

6. 所有不合規定之顆粒及一切雜物，均應隨時予以撿除。

7. 級配粒料每層撒鋪厚度應依設計圖說所示或工程司之指示辦理，每層撒佈厚度應約略相等，其最大厚度須視所用滾壓機械之能力而定，務須足能達到所需之壓實度為原則。

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

5.3.4 滾壓

1. 級配粒料撒鋪及整形完成後，應立即以 10 t 以上三輪壓路機或振動壓路機滾壓。

2. 滾壓時，如有需要，應以噴霧式灑水車酌量灑水，使級配粒料含有適當之含水量，俾能壓實至所規定之密度。

3. 如級配粒料含水量過多時，應俟其乾至適當程度後，始可滾壓。

4. 滾壓時應由路邊開始。如使用三輪壓路機時，除另有規定者外，開始時須將外後輪之一半壓在路肩上滾壓堅實，然後逐漸內移，滾壓方向應與路中心線平行，每次重疊後輪之一半，直至全部滾壓堅實，達到所規定之壓實度時為止。

5. 在曲線超高處，滾壓應由低側開始，逐漸移向高側。

6. 壓路機不能到達之處，應以夯土機或其他適當之機具夯實。

7. 滾壓後如有不平之處，應耙鬆後補充不足之材料，或移除多餘部分，然後滾壓平整。

8. 分層鋪築時，在每一層之撒鋪與壓實工作未經工程司檢驗合格之前，不得繼續鋪築其上層。

9. 鋪築上層級配粒料時，其下層表面應刮毛約 2 cm，以增加二層間之結合，並應具有適當之濕度，否則應酌量灑水使其濕潤。

10. 最後一層滾壓完成後，應以機動平路機刮平，或以人工修平，隨即再予滾壓。

11. 刮平及滾壓工作應相繼進行，直至所有表面均已平整堅實，並符合設計圖說所示之斷面為止。

12. 刮平及滾壓時，得視實際需要酌量灑水。

5.4 檢驗

5.4.1 基層之檢驗

1. 「天然級配粒料」試驗頻率每 600m^3 做一次試驗，而工程使用「再生級配粒料」時，除供料稽核外，每 500m^3 做一次試驗。

2. 工地密度試驗之試驗頻率應每一層至少應每 1,000m^2 做密度試驗一次。而工地密度應以 CNS 14733 等標準方法求之。

3. 級配粒料基層應滾壓至設計圖說所規定之壓實度。

4. 如無明確規定時，基層壓實度至少應達到依 CNS 11777、CNS 11777-1 方法試驗，再以 CNS 14732 方法校正所得最大乾密度之 95 %以上。

5. 如試驗結果未達規定密度時，應繼續滾壓或以翻鬆灑水或翻曬晾乾後重新滾壓之方法處理，務必達到所規定之密度為止。

6. 完成後之基層頂面應具平順、緊密及均勻之表面。

7. 基層之頂面平整度許可差應以 3 m 長之直規沿平行於，或垂直於道路中心線之方向檢測時，其任何一點之高低差均不得超過 ± 2.5cm。

8. 完成後之基層，由工程司隨機選取代表性地點鑽洞檢測其厚度。

9. 基層之厚度許可差檢測之頻率為每 1,000m^2 做一次。

10. 檢測厚度結果，應符合下列規定：

(1) 任何一點之厚度不得比設計厚度少 2 cm 以上，並應以較小之許可差數值為準。

(2) 各點厚度之平均值不得小於設計厚度。

(3) 如完成後之基層厚度未能符合以上規定時，應將其表面翻鬆後補充新料，並按規定重新滾壓至合格為止。經徵得工程司同意後，廠商得以上層較佳材料彌補不足之厚度，惟不得要求加價。

11. 檢測厚度所留洞孔應以適當之材料填補夯實。

12. 建議於施工完畢後進行加州乘載比試驗及夯實土壤膨脹壓力及 R 值試驗，試驗值符合相關規範要求即可。

5.4.2 底層之檢驗

1. 「天然級配粒料」試驗頻率每 600m^3 做一次試驗，而工程使用「再生級配粒料」時，除供料稽核外，每 500m^3 做一次試驗。

2. 工地密度試驗之試驗頻率應每一層至少應每 1,000m^2 做密度試驗一次。而工地密度應以 CNS 14733、AASHTO T238 等標準方法求之。

3. 級配粒料底層應滾壓至設計圖或特訂條款所規定之壓實度。

4. 如無明確規定時，底層壓實度至少應達到依 CNS 11777、CNS 11777-1 方法試驗，再以 CNS 14732 方法校正所得最大乾密度之 95 %以上。

5. 如試驗結果未達規定密度時，應繼續滾壓，或以翻鬆灑水或翻曬晾乾後重新滾壓之方法處理，務必達到所規定之密度為止。

6. 完成後之底層頂面應具平順、緊密及均勻之表面。

7. 底層之頂面平整度許可差應以 3 m 長之直規沿平行於，或垂直於道路中心線之方向檢測時，其任何一點之高低差均不得超過±1.5 cm；如面層厚度在 7.5 cm 以下時，其底層頂面之高低差不得超過±0.6 cm，不合格處應予整平壓實。

8. 完成後之底層，由工程司隨機選取代表性地點鑽洞檢測其厚度。

9. 底層之厚度許可差檢測之頻率為每 1,000m^2 做一次。

10. 建議於施工完畢後進行加州乘載比試驗及夯實土壤膨脹壓力及 R 值試驗，試驗結果符合相關規範要求即可。

11. 檢測厚度結果，應符合下列規定：

(1) 任何一點之厚度不得比設計厚度少 1 cm 以上。

(2) 各點厚度之平均值不得小於設計厚度。

(3) 如完成後之底層厚度未能符合以上規定時，應將其表面翻鬆後補充新料，並按規定重新滾壓至合格為止。經徵得工程司同意後，廠商得以上層較佳材料彌補不足之厚度，惟不得要求加價。

12. 檢測厚度所留洞孔應以適當之材料填補夯實。

5.5 計量與計價

5.5.1 基層之計量

1. 級配粒料基層依不同規格，按完工後經驗收合格之壓實數量，以立方公尺或平方公尺加註明厚度計算。

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

5.5.2 底層之計量

1. 級配粒料底層依不同規格，按完工後經檢驗合格之設計圖規定尺寸，以立方公尺或平方公尺加註明厚度計算。

5.5.3 基層之計價

1. 依契約詳細價目表內所列不同材料規格或粒料種類，應以立方公尺或平方公尺加註明厚度單價計價。

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

3. 級配粒料基層使用再生粒料時，再生粒料單價應獨立編列。

4. 超出設計寬度及厚度所鋪設之任何部分均不予計價。

5.5.4 底層之計價

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

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

3. 超出設計寬度及厚度所鋪設之任何部分均不予計價。

5.6 石門大圳案例

「桃園市 106 年度道路橋梁新建、設施改善及瓶頸打通工程開口契約(第二標)平鎮區石門大圳巡防道路改善工程」改善範圍西起舊金龍路、東至台 66 線側車道，長度約 250 至 280 公尺，完工後可連接台 66 線快速道路下方道路與福龍路，以紓解金陵路、台 66 線快速道路周邊的交通瓶頸問題。另因工程橫跨新街溪，故共新建 2 座橋梁，採鋼筋混凝土造，橋寬 7.5 公尺，單跨長約 20 公尺，將原寬度約 3.5 公尺拓寬為 7.5 公尺，完工後可讓民眾通行，也可幫助石門大圳的巡防搶修及維護管理。而此工程為第一條瀝青混凝土挖(刨)除料應用於道路基層試辦工程設計範例，此道路改善工程將再利用粒料用於道路基底層，此工程各級配之再生產品利用量及刨除料去化量如表 5.1 所示，使用之基底層級配料為施工綱要規範第 02722 章基層第三類型之級配料及施工綱要規範第 02726 章底層第三類型之級配料，瀝青混凝土挖(刨)除料摻配比例分別為 40％、60％、60％添加 3％水泥，此工程使用之再生級配粒料篩分析結果如表 5.2 所示，配置各別比例後以相關試驗分析之，詳細試驗內容如表 5.3 所示。經過篩分析調配後之各比例如表 5.4 所示。最後再以夯實試驗、加州承載比試驗如表 5.5 所示。[2]

表 5.1 各級配利用量及刨除料去化量

項目	再生產品利用量			刨除料去化量
級配	R40	R60	R60-C3	
數量	121.48 (T)	522.80 (T)	273.18 (T)	535 (T)

表 5.2 再生級配粒料之各粒料篩分析

粒料種類	2cm 碎石	1cm 碎石	天然砂	水泥	再利用粒料(抽油前)	再利用粒料(抽油後)
篩號	過篩率%	過篩率%	過篩率%	過篩率%	過篩率%	過篩率%
1 in	100	---	---	---	---	---
3/4 in	77	100	---	---	---	---
1/2 in	1	78	---	---	100	100
3/8 in	1	43	---	---	98	99
No.4	0	3	100	---	60	78
No.8	0	1	87	---	37	58
No.16	0	1	66	100	24	45
No.30	0	1	47	100	15	36
No.50	0	1	29	100	9	28
No.100	0	1	16	99	4	20
No.200	0.3	0.7	8.3	96.6	1.8	14.0

表 5.3 再生級配粒料之各比例篩分析

粒料種類	R40 (設計值)	R60 (設計值)	R60-C3 (設計值)	施工綱要規範第02722章級配粒料基層表四 (第三類型-B規範)	施工綱要規範第02726章級配粒料底層表四 (第三類型-B規範)
篩號	過篩率%	過篩率%	過篩率%	過篩率%	過篩率%
3 in	100	100	100	100	---
2½ in	100	100	100	90~100	---
2 in	100	100	100	---	---
1½ in	100	100	100	---	---
1 in	100	100	100	---	100
3/4 in	95	95	95	---	90~100
1/2 in	76	79	79	---	---
3/8 in	68	76	76	---	---
No.4	45	51	51	40~90	35~55
No.8	33	36	36	---	---
No.16	23	25	26	---	---
No.30	16	16	18	---	10~30
No.50	10	10	12	---	---
No.100	5	5	8	---	---
No.200	2.6	2.4	5.2	0~25	2~9

表 5.4 再生級配粒料之粒料各比例添加百分比

粒料種類	2cm 碎石	1cm 碎石	天然砂	水泥	再利用粒料 (抽油前)
添加比例	%	%	%	%	%
R40	20	20	20	---	40
R60	20	5	15	---	60
R60-C3	20	5	12	3	60

表 5.5 再生級配粒料各比例之 CBR 相關試驗

	OMC(%)	MDD(kg/m^3)	CBR(95%)	CBR(98%)
R40	6.0	2,072	31	50
R60	5.0	2,057	23	43
R60-C3	7.5	2,110	85	140

註：R60-C3 中之 C3 為水泥佔摻配比例 3%。

本案例為國內少見之新工法，雖基、底層厚度設計在 10 ~ 15cm 即可符合該路段交通量之需求，但在實際設計厚度上仍採用較保守之設計方式。本案例設計流程如圖 5.1 所示。

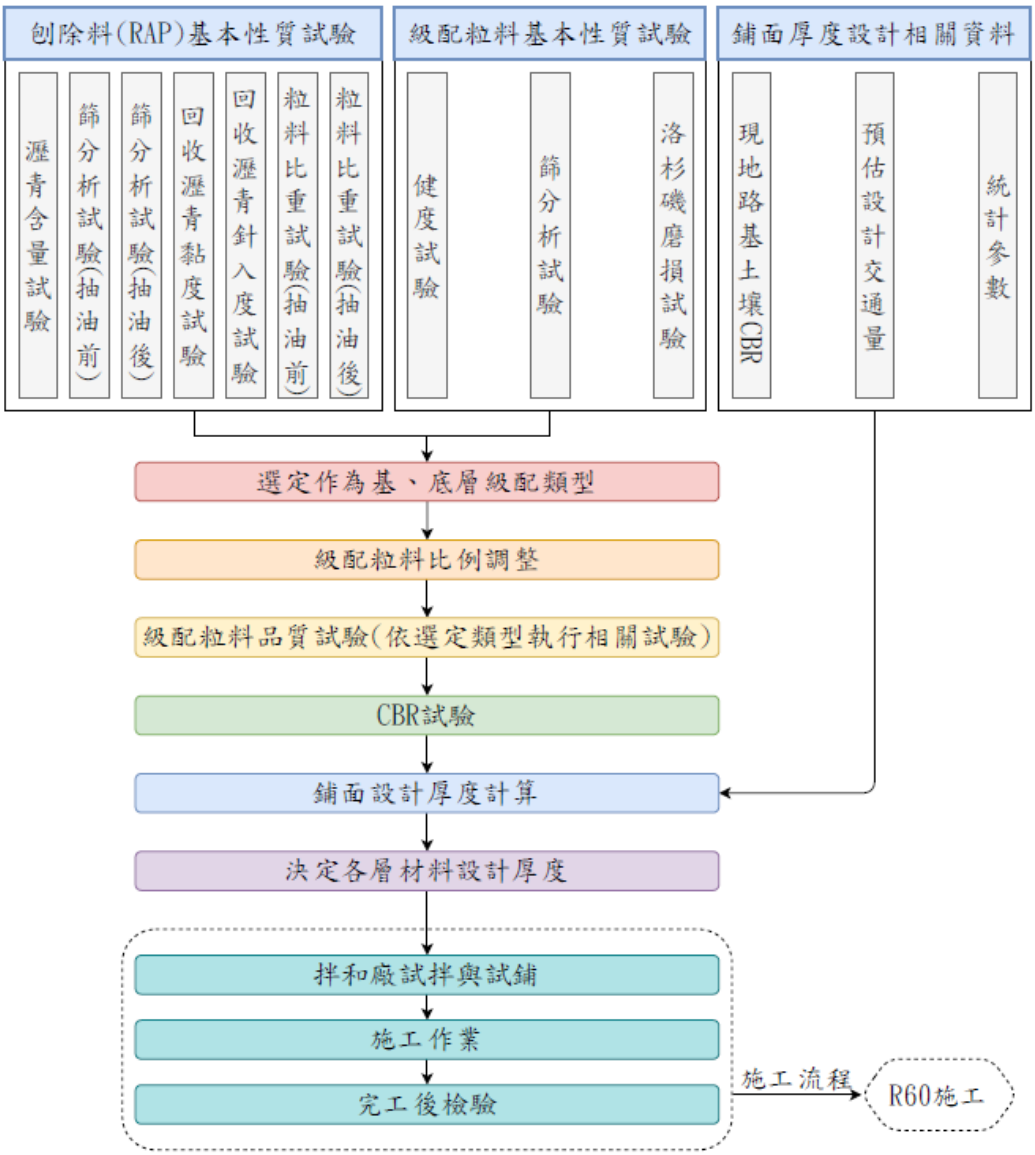


圖 5.1 設計流程圖

因此本案例經上述設計流程，決定之材料種類、施工位置及設計厚度如下圖 5.2 及表 5.6 所示。

圖 5.2 施工位置圖

表 5.6 施工設計結果

材料種類	R40	R60	R60-C3
施工位置	①	②	③
面層厚度(cm)	20	20	20
基、底層厚度(cm)	40	40	30

註：R60-C3 中之 C3 為水泥佔摻配比例 3%。

石門大圳案例結論：

1. 由此案例得知，比例 40 %之瀝青混凝土挖(刨)除粒料 CBR 值為 31 %;比例 60 %之瀝青混凝土挖(刨)除粒料 CBR 值為 23 %。因添加瀝青混凝土挖(刨)除粒料比例提高 20 %，CBR 值而明顯降低 8 %。

2. 由此案例得知，比例 40 %之瀝青混凝土挖(刨)除粒料 OMC 值為 6.0 %;比例 60 %之瀝青混凝土挖(刨)除粒料 OMC 值為 5.0 %。因添加瀝青混凝土挖(刨)除粒料比例提高 20 %，OMC 值而明顯降低 1 %。

3. 由此案例得知，添加 3 %之水泥粉來取代 3 %之天然砂，CBR 值從原先 23 %提高至 85 %。

5.7 草漯重劃區案例

本案例為辦理瀝青混凝土刨除再生粒料級配粒料底層(R60)施工作業。本工程範圍為桃園市觀音區草漯第一、三、六區整體開發單元市地重劃範圍，其中第一區約 47.60 公頃、第三區約 53.99 公頃、第六區約 46.29 公頃，工程內容包含各單元開發作業，及相關設施、設備、管線及植栽工程。[27]

其工程位置於草漯都市計畫範圍北至觀音工業區聯外道路外緣 50 公尺及觀音工業區與萬安橋為界，西從下厝溪二號橋往南至大草厝既成道路為止，南由福安橋沿菜寮埤邊緣順桃 39 號道路，再沿桃園大圳八支線，東至保障橋為界，計畫面積共計 504.00 公頃。本案工程範圍為草漯都市計畫範圍第一、三、六區，施工面積約為 147.88 公頃，詳細位置及施作分區如圖 5.3 所示。

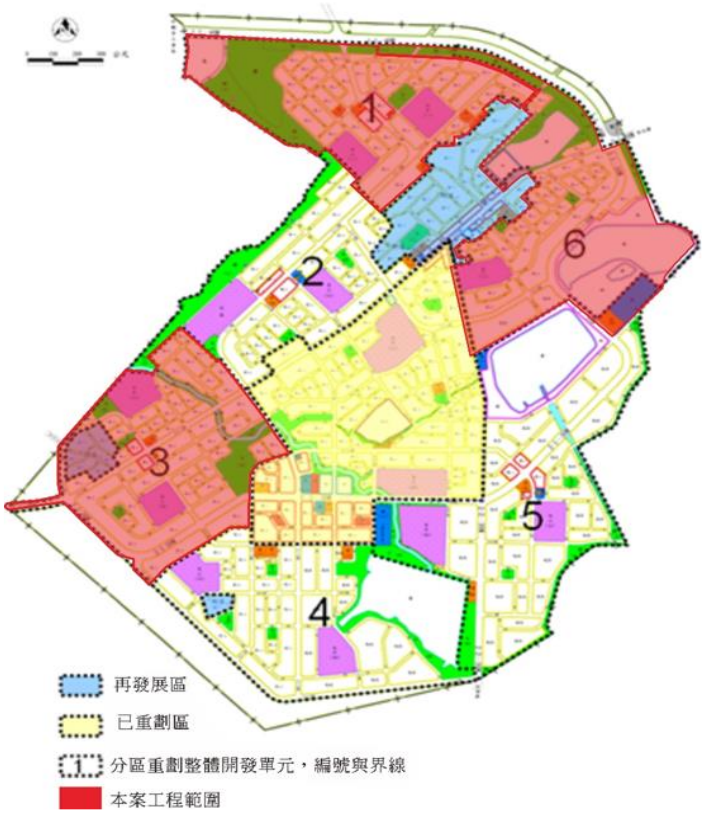


圖 5.3 草漯地區瀝青混凝土刨除再生粒料級配粒料底層(R60)位置

R60 再生級配料之配合設計，依據施工綱要規範 02726 章規範，首先須進行粒料之物性試驗，本案例使用之粒料物性試驗結果如表 5.7 所示。

表 5.7 再生級配粒料物性試驗結果

試驗項目	試驗結果	02726 章規範值	試驗方法
粗粒料磨損試驗	20.8	<50	CNS 490
粗粒料健度試驗	0.9	<12	CNS 1167
細粒料健度試驗	4.3	<12	CNS 1167
粗粒料中破碎顆粒含量試驗	92.9	>75	CNS 15312
粗粒料中扁平率指數試驗(扁平片)	1.3	-	CNS 15171
粗粒料中扁平率指數試驗(細長片)	0	-	
粗粒料中扁平率指數試驗(扁長片	7.6	-	
含砂當量試驗	69	-	CNS 15346

確認物性試驗符合規範後，進行配合設計試驗，本案例使用刨除料、2 公分天然粒料、1 公分天然粒料以及天然砂進行配合設計，各粒料之級配分布如表所示，其中刨除料佔 60%天然粒料佔 40%進行配合設計，並須符合施工綱要規範 02726 章規範，配合設計成果如表 5.8、表 5.9 所示。

表 5.8 再生級配粒料篩分析成果

粒料	RAP	2cm	1cm	砂
添加比例(%)	60	20	15	5
累積過篩百分比	RAP	2cm	1cm	砂
50.0mm（2in）	-	-	-	-
25.0mm（1in）	-	100.0	-	-
19.0mm（3/4in）		87.0	100.0	-
12.5mm（1/2in）	100.0	5.4	23.4	-
9.5mm（3/8in）	96.1	1.7	0.7	100.0
4.75mm（No.4）	72.3	-	-	100.0
2.00mm（No.10）	56.8	-	-	74.5
1.18mm（No.16）	42.5	-	-	53.9
0.425mm（No.40）	27.1	-	-	42.1
0.30mm（No.50）	25.0	-	-	27.6
0.15mm（No.100）	18.0	-	-	12.4
0.075mm（No.200）	9.7	-	-	4.2

表 5.9 再生級配粒料配合設計成果

累積過篩百分比	試驗級配	規範級配	判別
50.0mm（2in）	100.0	100.0	合格
25.0mm（1in）	100.0	-	
19.0mm（3/4in）	97	-	
12.5mm（1/2in）	70	-	
9.5mm（3/8in）	63	30~65	合格
4.75mm（No.4）	48	25~55	合格

2.00mm（No.10）	38	15~40	合格
1.18mm（No.16）	28	-	
0.425mm（No.40）	18	8~20	合格
0.30mm（No.50）	16	-	
0.15mm（No.100）	11	-	
0.075mm（No.200）	6	2~8	合格

本案例之施工步驟如圖 5.4 所示。

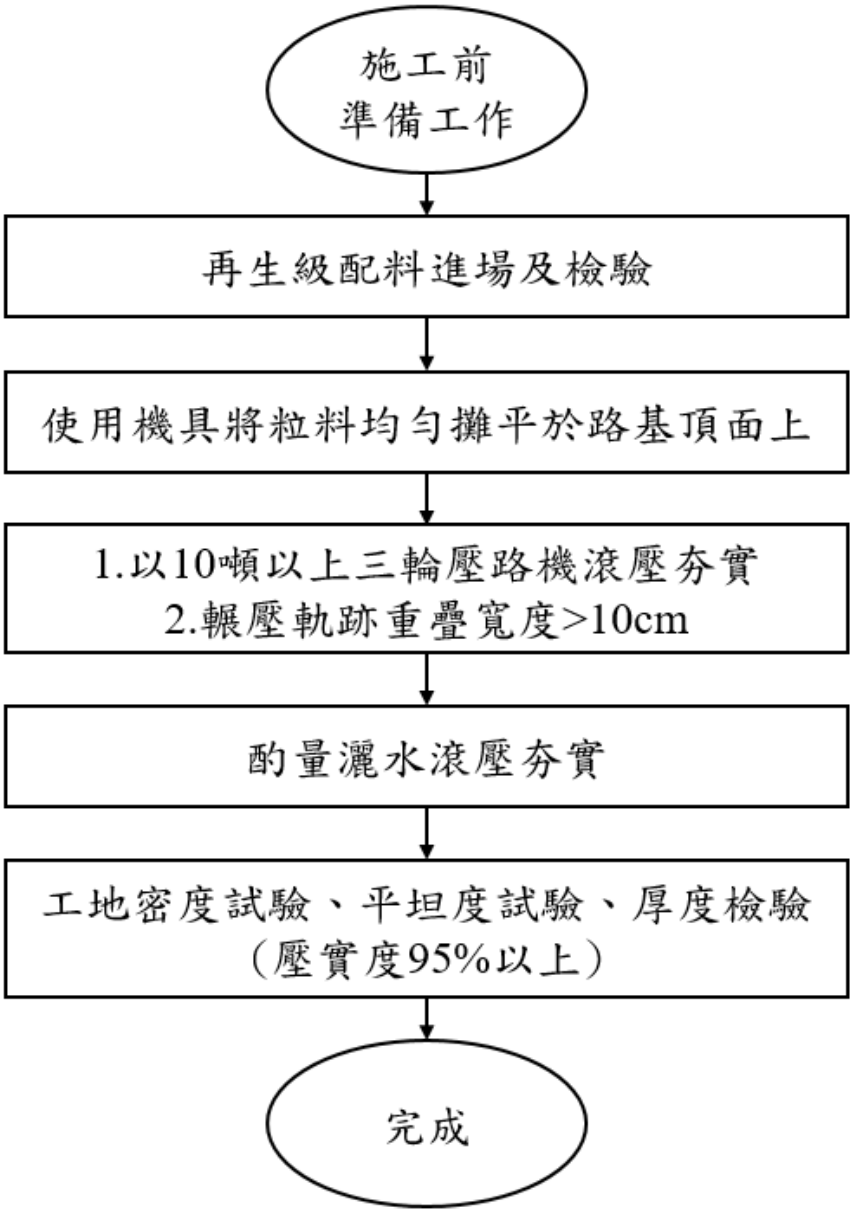


圖 5.4 施工流程圖

本案例完工後進行現地成效檢驗，以確認現地整體強度是否與實驗室檢驗值相符，現地強度檢驗常使用動力貫入錐(DCP)及土壤衝擊試驗(CIST)，由於兩種試驗之原理以及所得結果意義不同，因此選擇兩種皆於現地進行，以評估再生級配層之 CBR 強度。現地試驗情形如圖 5.5 及圖 5.6 所示。而 CBR 試驗結果符合使用級配粒料之相關規範要求即可。

圖 5.5 土壤衝擊試驗

圖 5.6 動力貫入錐試驗

5.8 八里中華路案例

配合內政部營建署推動瀝青刨除料再利用，本案例於 109 年 2 月 20 日開始進行 R60C3 之試辦工程，地點位於新北市八里區中華路三段。本案例使用之基層級配料為施工綱要規範第 02722 章基層第三級配之級配料，再生產品利用量約為 1,200 公噸。而案例之施工斷面圖如圖 5.7 所示。R60C3 之施工流程如圖 5.8 所示。[29]

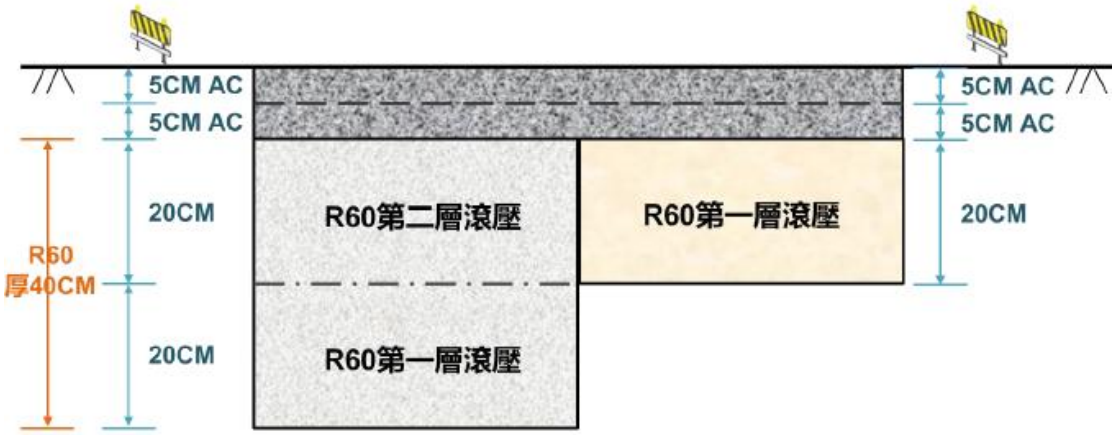


圖 5.7 再生級配粒料試鋪斷面

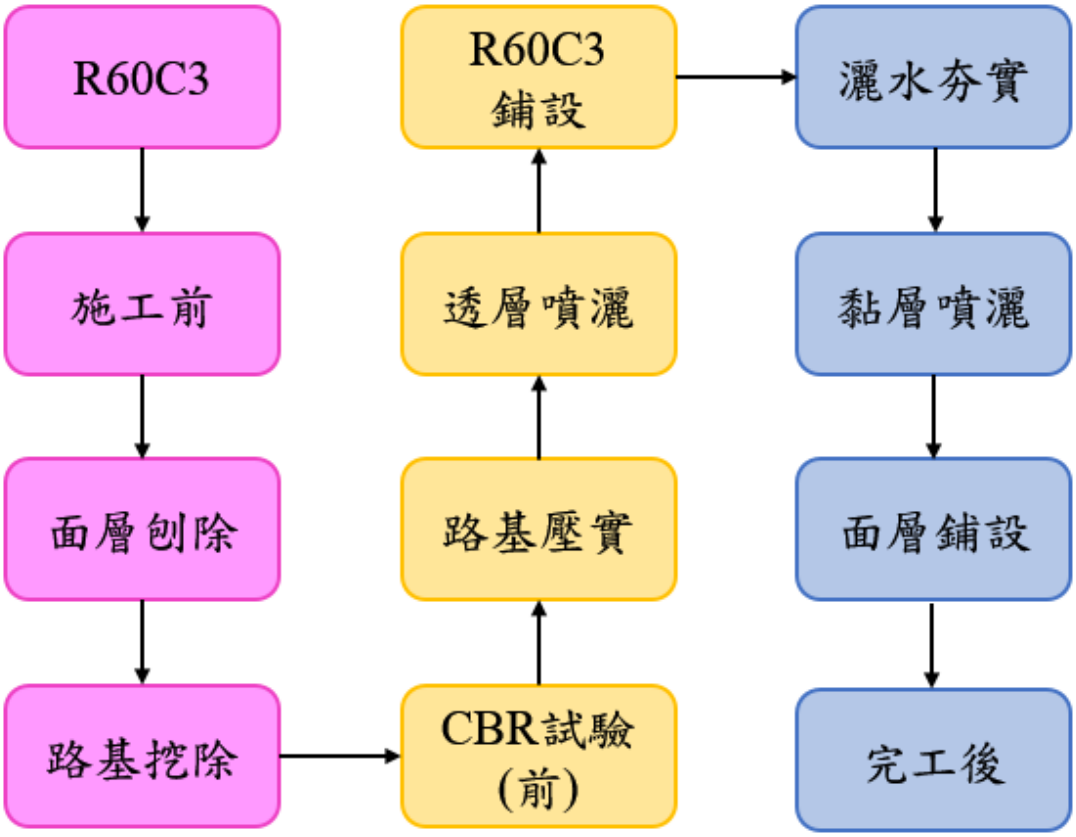


圖 5.8 再生級配粒料施工流程圖

而現場施作完成後，以衝擊土壤試驗儀(CIST)檢測所得到之 CBR 報告如下圖 5.9 所示。

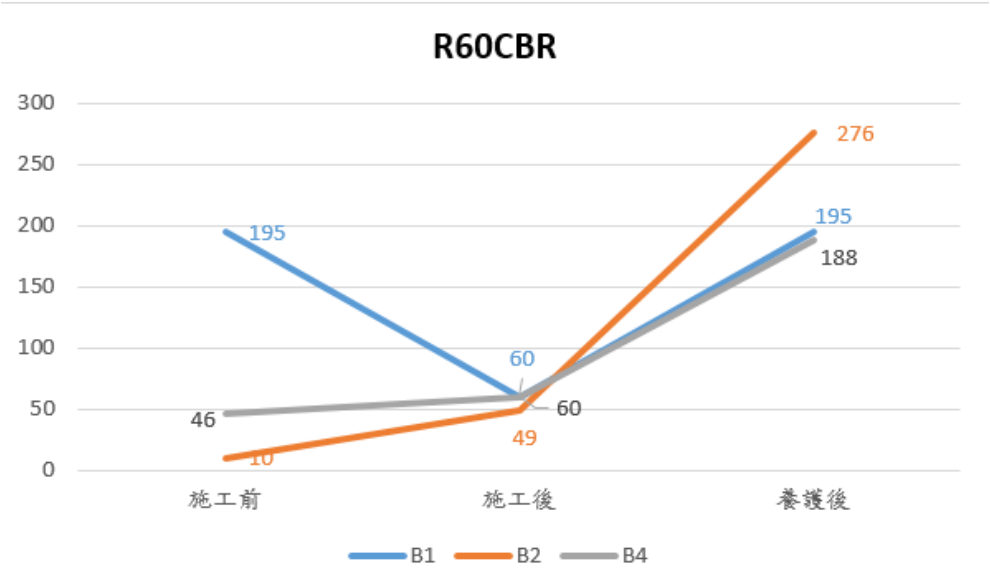


圖 5.9 再生級配粒料 CBR 試驗報告

其試驗數值整理後得知，深度 20 公分與深度 40 公分在施工後立即檢測 CBR 值介於 54.5 ~ 60 之間，養護 18 小時後再做檢測，則可分別提高至 188 及 236，結論為隨養護時間拉長 CBR 值可有顯著提升。CBR 施作成效表如表 5.10 所示。

表 5.10 再生級配粒料 CBR 施作成效表

位置		B1 (40 cm)	B2 (40 cm)	B4 (20 cm)	20 cm 平均	40 cm 平均
施工前	IV 值	9	54	24	-	-
	CBR(%)	10	195	46	-	-
施工後	IV 值	25	28	28	28	26.5
	CBR(%)	49	60	60	60	54.5
養護 18 小時	IV 值	65	54	53	53	59.5
	CBR(%)	276	195	188	188	236

5.9 土城金城路案例

配合內政部營建署推動瀝青刨除料再利用，本案例於 109 年 6 月 16 日開始進行冷拌發泡再生瀝青混凝土之試辦工程，地點位於新北市土城區金城路二段。本案例使用之級配料依照 ASTM D4215 之規定，再生產品利用量約為 1,000 公噸。而案例之施工斷面圖如圖 5.10 所示。[29]

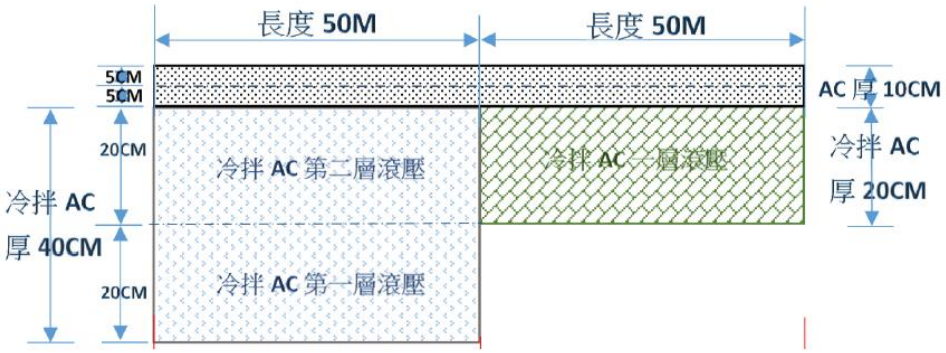


圖 5.10 冷拌發泡再生瀝青混凝土施工斷面

而現場施作完成後，以衝擊土壤試驗儀(CIST)檢測所得到之 CBR 報告如下圖 5.11 所示。

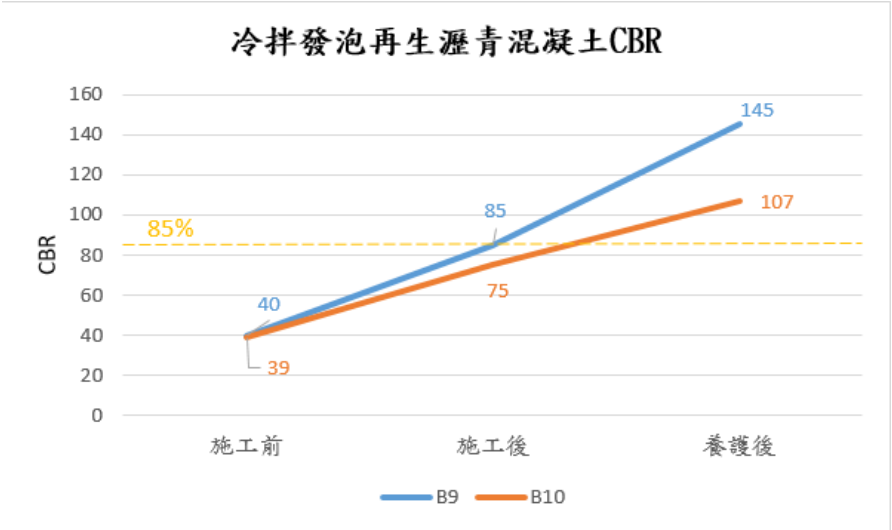


圖 5.11 冷拌發泡再生瀝青混凝土之 CBR 試驗報告

其試驗數值整理後得知，深度 20 公分與深度 40 公分在施工後立即檢測 CBR 值分別為 84 及 75，養護 18 小時後再做檢測，則可分別提高至 145 及 107，發現拉長養護時間對 CBR 強度並無顯著變化。CBR 施作成效表如表 5.11 所示。

表 5.11 再生級配粒料 CBR 施作成效表

位置		B9 (20 cm)	B10 (40 cm)
施工前	IV 值	22	24
	CBR(%)	39	46
施工後	IV 值	34	32
	CBR(%)	84	75
養護 18 小時	IV 值	46	39
	CBR(%)	145	107

第六章、循環經濟效益評估分析

6.1 材料成本

再生材料引進營建業市場時，必然會產生一個價格，這個價格即為未來使用者最直接需要考量的經濟成本，與天然材料比較，再生材料在一般道路鋪面工程的設計施工要求中，若本身的材料價格較低，往往是推動使用者考慮使用再生材料的有利誘因。分析價格成本（CDP）的來源不外乎以下幾項：[30]、[31]、[32]

1. 原料價格（PRM）

指的是一個單位再生材料的價值，通常以公噸計。當廢棄物及副產品要成為再生材料前，再生材料的價值該如何訂定呢？在法規未確定之前，普遍的作法以廢棄時每單位的處理價值而定。例如，刨除料原屬於沒有價值的廢棄物，假設處理一公噸的刨除料需要支付費用 1,600 元，則相對的使用一公噸刨除料當再生材料的原料，應該具有同樣每公噸 1,600 元的價值。

2. 處理成本（CPR）

幾乎所有的再生材料在應用前，必須進行再處理，以符合設計與施工的要求，為進行改質處理而增加的儀器設備及人員技術，亦需要考量於未來訂定的價格成本內。

3. 倉儲成本（CST）

由於營建工程均具有獨特性，須依現場情況進行設計與施工，鋪面工程亦不例外。因此再生材料平時得妥善儲存，再視工程需求取出適當的用量進行鋪築，所以由倉儲的人力與設備等提升的成本，亦將反映至價格成本上。

4. 包裝成本（CLD）

為了運輸、計量、與使用的便利性，部分再生材料在穩定生產後會進行包裝，並註明使用方法及成分含量，相對地，經過包裝的再生材料，其價格成本必然會提升。

5. 運輸成本（CTR）

運輸成本往往是材料成本中相當重要的一環，主要關係到運具的選擇與運輸的距離，由於運輸成本佔整體價格的重要性不容忽視，對於未來要推廣再生材料的應用必須注意。

6. 利潤（P）

當再生材料發展成為一種產業時，再生材料或產品必然會帶來利潤，利潤常隨著再生材料的用途而變動調整，進而影響價格，在使用者評估時，材料供應商的利潤亦含在價格成本裡。利潤通常是材料供應商控制價格的最便利手段，可利用此調整市場的供需。有時，再生材料的原料價格亦會被當成利潤，原因是原來須支付給最終處理的成本轉成產品的價格之故。所以，再生材料若在可被接受的情況下，其價格上的經濟優勢往往優於天然粒料，這也是推動其應用發展的最大誘因。

根據以上六個成本因子，可得出每單位再生材料定價，為原料價格、處理成本、倉儲成本、包裝成本、運輸成本、及利潤之總和，計算式如下：

$$CDP = PRM + CPR + CST + CLD + CTR + P。$$

6.2 成本分析

級配粒料基、底層依不同規格，按完工後經驗收合格之壓實數量，以[立方公尺][平方公尺，註明厚度]計算。本計畫所闡述之成本比較差異係依地緣關係及北部地區價格為基準，瀝青混凝土刨除料則依桃園市之刨除料剩餘價值做計算。

本手冊(草案)參考台灣營建研究院所編列之營建物價及調查北區市場價格，整合後得到各項相關粒料之物價且於使用手冊(草案)提供材料成本比較分析，並進行試算後再加以討論不同配比之瀝青混凝土刨除料應用於道路時的經濟效益。範例以 R40、R60 及 R60C3 為例，建議廠商進行成本試算時可依照現地瀝青混凝土刨除料使用比例進行調整，在加入刨除有價料價格後(目前桃園市參考價格為 350 元 /m^3)，成本試算比較表如下表 6.1 所示。其中，因刨除料多採用露天堆置的儲存方式，且再利用時並不需包裝及標示，因此不考慮其包裝成本，而倉儲成本方面，考量各廠存放場地大小不一，故也不考慮詳細計算其倉儲成本。廠商利潤方面也未列入考量。[34]

表 6.1 材料成本試算表

項目	單位	R40	R60	R60C3	天然碎石級配	天然碎石級配 +3%水泥
北區刨除有價料價格	元/公噸	(0~153)*40%	(0~153)*60%	(0~153)*60%	-	-
打除雜物剔除過篩	元/公噸	(40~60)*40%	(40~60)*60%	(40~60)*60%	-	-
添加天然粒料費用	元/公噸	(450~600)*60%	(450~600)*40%	(450~600)*37%	250~350	(250~350)*97%
添加水泥	元	-	-	63*3	-	63*3
拌合費用	元/公噸	80~120	80~120	80~120	80~120	80~120
運費	元/公噸	運距 10 公里以內，收取運費 110 元；超過 10 公里時，每公里額外收取 3 元運費；特殊路段超過 10 公里時，每公里額外收取 5 元運費。				
合計 (為求數字表達方便，不計運費)	元/公噸	366~565	284~488	460~659	330~470	512~649

資料來源：行政院公共工程委員會營建物價網，公共工程價格資料庫

http://pcces2.pcc.gov.tw/PCC_MRP

調查北區市場價

6.3 碳排放量計算

工程的碳排放計算普遍採用「排放係數法」，行政院環境保護署頒佈「產品與碳足跡計算指引」，訂定碳排放計算公式：活動數據*排放係數 ＝ 碳排放量，碳排放計算公式可分為材料生產、材料運輸及機具施工，碳排放計算流程如下圖 6.1。[33]

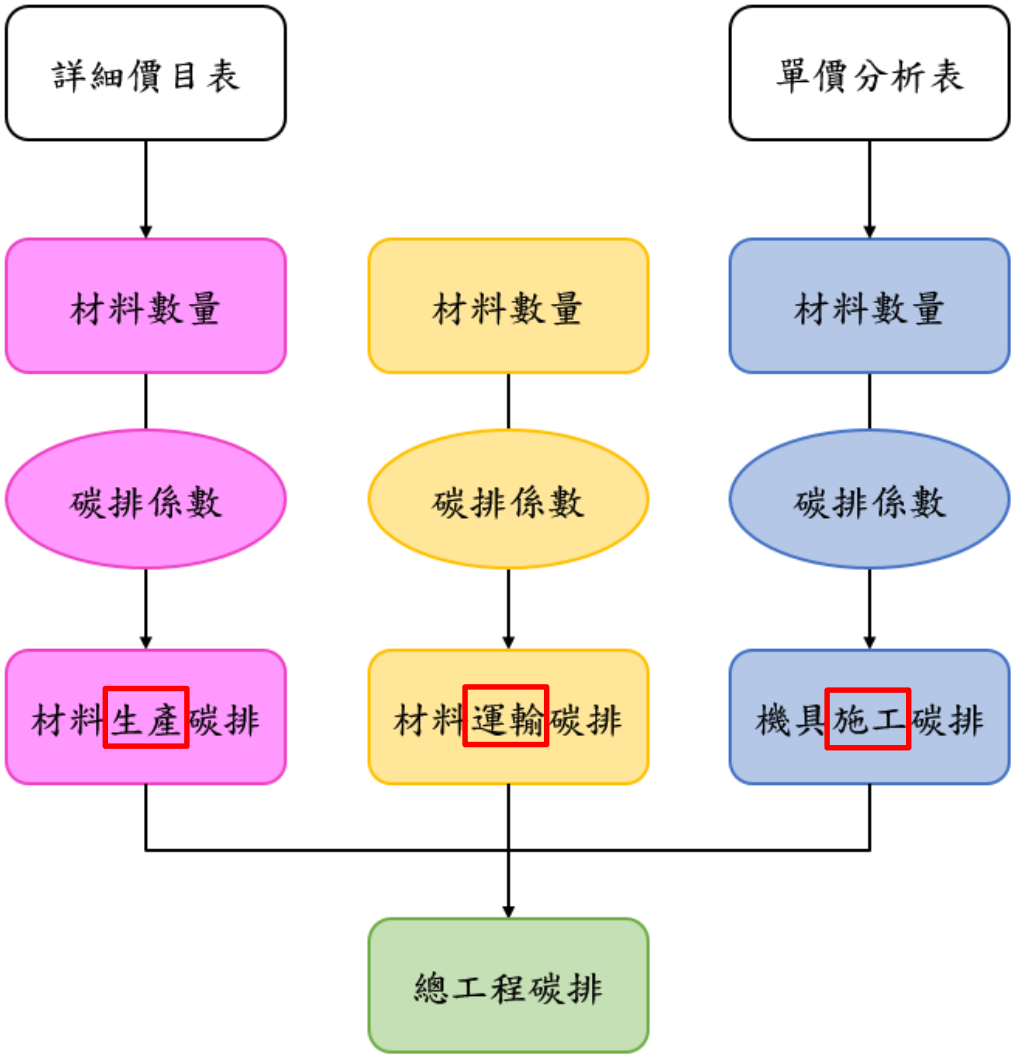


圖 6.1 碳排放計算流程

由詳細價目表可知各工項材料數量，再從碳排放係數資料庫中找尋對應的碳排放係數，可求得材料生產的碳排放量。另將材料數量結合施工廠商提供之運輸數據，如材料運具、運具規格等，可求得材料運輸碳排放量。接著，從單價分析表可整理出各工項使用的機具種類及時數，結合機具耗能資料與能源碳排係數，可得機具施工碳排放量。最後，將材料生產碳排、材料運輸碳排及機具施工碳排加總後即可得到總工程碳排。後續內容為草漯重劃區案例碳排放量試算結果供各廠商參考用。[27]

6.3.1 材料生產階段

1. 刨除料

材料生產碳排放量沒有一定的定義，在現地刨除、運輸與回到工廠加工之過程中，會因為距離、回收後施作工法等有所不同，造成計算上之差異。因現地刨除處理作業於臺灣大多直接運回施工之瀝青混凝土廠，貨車載新瀝青混凝土混合料至現地，回工廠時可直接裝載刨除料運送，故刨除料運輸碳排放量為零。而刨除料刨除階段之單位碳排放量大約 3 ~ 4 kg CO_2-e/T，刨除料加工階段之單位碳排放量大約 1 ~ 3 kg CO_2-e/T，故刨除料材料生產階段之單位碳排放量約 4 ~ 7 kg CO_2-e/T。將此單位碳排放量與刨除料之比重相乘即為最終預估之碳排放量，本手冊(草案)以草漯重劃區案例之碳排放量為例，案例中使用之刨除料源料生產階段碳排放係數 5.35kg CO_2-e/T，使用刨除料之比重約為 2.3 t/m^3，經換算後碳排放量為 2.33 kg CO_2-e/M^3。

2. 天然粒料

砂石於開採時須經過原產地開挖、運輸至碎解洗選場加工進行篩選、破碎及洗選後即為粒料產品。而天然粒料之單位碳排放量大約 6.5 ~ 10 kg CO_2-e/T。將此單位碳排放量與天然粒料之比重相乘即為最終預估之碳排放量，本手冊(草案)以草漯重劃區案例之碳排放量為例，案例中使用之碳排放係數為 8.95 kg CO_2-e/T，使用天然粒料之比重為 2.6 t/m^3，經換算後為碳排放量為 3.44 kg CO_2-e/M^3。

表 6.2 生產階段碳排放量計算

項目	刨除料	天然粒料
刨除階段	3 ~ 4 kg CO_2-e/T	-
加工階段	1 ~ 3 kg CO_2-e/T	6.5 ~ 10 kg CO_2-e/T
合計	4 ~ 7 kg CO_2-e/T	6.5 ~ 10 kg CO_2-e/T
案例試算結果	5.35kg CO_2-e/T	8.95 kg CO_2-e/T
案例換算後得碳排放量	**2.33 kg CO_2-e/M^3**	**3.44 kg CO_2-e/M^3**

6.3.2 材料運輸階段

由於刨除料運回瀝青廠即不須再運輸，刨除料於此階段碳排放量為零，因此材料運輸階段碳排放計算僅針對天然粒料之部分，算法為材料使用之數量除以運具載重，乘以運送距離 2 倍(一趟包含去程與回程兩段距離)，相乘即可得所須運輸之公里數。而後續將總公里數乘上該運具之能耗率(L/km)，算出總耗油量後再乘以燃料之碳排放係數即為運輸之碳排放量。詳細計算公式如式 6-1 所示。而此處同樣以草漯重劃區案例為例，此案例選用之天然粒料位於苗栗縣銅鑼鄉銅鑼村，距離案例之再生利用業者廠址約 80 公里遠，計算後所得天然粒料於材料運輸階段之碳排放量為 0.85 kgCO2-e/M^3。

$$\sum\left(\frac{\text{材料數量}}{\text{運具載重}}\right) \times \text{往返運輸距離} \times \text{運具能耗率} \times \text{燃料排放系數} \qquad \text{式 6-1}$$

6.3.3 機具施工階段

機具施工階段主要考量單價分析表中施工項目之碳排放量計算，以草漯重劃區案例為例，案例之天然級配料以及 R60 再生級配料之單價分析表相同，如表 6.3 所示，此表為每 100 m^3 各工項所須之資源，將每 100 m^3 工項之數量、能耗率以及柴油碳排放係數相乘後即可得每 100 m^3 各工項之碳排放量，換算後可得機具施工階段天然級配料及再生級配料之施工碳排放量為 3.64 kg CO2-e/M^3。

表 6.3 機具施工階段碳排放量計算

工料名稱	量	能耗率	柴油碳排放係數	碳排放量
鐵輪壓路機，自走式振動，20~22t	1.430 hr	25.38	2.65	96.18
鐵輪壓路機，三輪自走式，10~12t	2.500 hr	10.92	2.65	72.35
機動平土機，100~109 kw	2.300 hr	19.74	2.65	120.32
灑水車，8.0~8.9m^3	1.200 hr	21.5	2.65	68.37
工程用水	1.000	0.00	-	-
領班不細分	2.500 hr	0.00	-	-
操作手	6.230 hr	0.00	-	-
駕駛	1.200 hr	0.00	-	-
小工	6.000 hr	0.00	-	-
零星工料，約以上項目之2.0%	1.000	-	-	7.14
合計	100.000 M^3	-	-	364.35
經單位換算後結果	1.000 $C.M^3$	-	-	3.64

6.3.4 碳排放比較

將天然級配粒料及再生級配粒料分為上述之材料生產階段、材料運輸階段以及施工階段三階段進行碳排放量之計算比較，而代入前述案例之三階段所計算之碳排放量進行加總，可得每立方之 R60 再生級配料代替天然級配料可減少 1.18 kg CO2-e/m^3 之碳排放量。案例之碳排放量比較成果如表 6.4 所示。

表 6.4 碳排放量比較成果

	冷拌再生料	天然級配料	R60 再生級配料	
			天然級配料(40 %)	刨除料(60 %)
材料生產階段	8.7	3.44	1.38	1.40
材料運輸階段	0	0.85	0.34	0
機具施工階段	0.4	3.64	1.46	2.18
每立方碳排放量 (kg CO_2-e/m^3)	**9.1**	**7.93**	**6.75**	

而草漯重劃區案例使用刨除料大約 21,300 m^3，依照 R60 再生級配料之比例，共可生產約 35,500 m^3 之 R60 取代天然級配料，依據前述每立方 R60 再生級配料可減少之碳排放量，本案例共可減少 41,748 kg CO_2-e 之碳排放量，大約可節省 3,479 棵樹每年可吸收之碳排放量。

參考文獻

[1] 陳世晃、林志棟、徐聖博、簡啟倫，「瀝青刨除料去化-冷拌再生瀝青混凝土之應用」，土木水利 第四十六卷 第五期(2019)

[2] 簡啓倫,「冷拌再生乳化瀝青混凝土應用於鋪面底層之可行性評估」，碩士論文(2019)

[3] 社團法人中華鋪面工程學會，「桃園市 106 年度道路橋梁新建、設施改善及瓶頸打通工程開口契約(第二標）第二標平鎮區石門大圳巡防道路改善工程」，瀝青混凝土挖(刨)除料應用於道路基層試辦工程設計範例，(2018)

[4] 徐聖博，「發泡瀝青技術添加瀝青刨除料應用於道理底層可行性之研究」，碩士論文(2015)

[5] 台灣鋼鐵工業同業公會，「電弧爐煉鋼氧化碴應用於道路級配粒料基底層」，(2019)

[6] 行政院環境保護署，「焚化再生粒料應用於道路級配粒料底層及基層使用手冊」，(2020)

[7] AASHTO. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C, 1993.

[8] ASTM D5874-16, “Standard Test Methods for Determination of the Impact Value (IV)of a Soil.” ASTM Designation, 2016.

[9] ASTM D6951-18, “Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications.” ASTM Designation, 2018.

[10] 經濟部工業局「事業廢棄物再利用管理辦法」民國 111 年 6 月 28 日

[11] 經濟部工業局「再生利用之再生資源項目及規範」，民國 109 年 9 月 11 日

[12] 內政部營建署「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」，民國 102 年 6 月 17 日

[13] 內政部營建署「營建事業再生利用之再生資源項目及規範」，民國 110 年 8 月 27 日修正，自民國 110 年 10 月 1 日生效

[14] 行政院環保署「再生粒料環境用途溶出程序(NIEA R222.10C)」，民國 108 年 10 月 2 日，自民國 108 年 10 月 15 日生效

[15] 行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02722 章 級配粒料基層 V9.0，2018/12/31

[16] 行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02726 章 級配粒料底層 V10.0，2018/12/31

[17] 行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02742 章 瀝青混凝土鋪面 V11.0，2019/8/17

[18] 行政院公共工程委員會施工綱要規範第 02966 章 再生瀝青混凝土鋪面 V7.0，2013/8/14

[19] 工程會施工綱要規範第 03051 章 再生粒料混凝土 V1.0，2009/11/18

[20] Ciara´n J. Lynn, Gurmel S. Ghataora, Ravindra K. Dhir OBE, Municipal incinerated bottom ash (MIBA) characteristics and potential for use in road pavements, 2016.

[21] 雷揚中，「焚化爐底渣應用於道路工程之研究」，國立中央大學，碩士論文，2004。

[22] 杜建蒼，「焚化底碴處理技術與處理廠營運管理之研究」，碩士論文，國立中央大學，2014。

[23] 黃偉慶、林志棟、李 釗、許書王，「廢棄資源物再利用於公路工程規範草案之研究」，交通部，專案研究報告(MOTC-STAO-97-04)，2009。

[24] 「氧化碴基本物理性質試驗期末報告」，台灣鋼鐵工業同業公會/國立中央大學(2017)

[25] 桃園市政府工務局施工綱要規範第 02722 章 級配粒料基層 V2，2018/5/18

[26] 桃園市政府工務局施工綱要規範第 02726 章 級配粒料底層 V2，2018/5/18

[27] 邱欽融，「瀝青混凝土營建產業精實管理之研究」，國立中央大學，博士論文，2014。

[28] 林明照，「循環經濟管理導入道路工程探討-以草漯重劃區為例」，國立中央大學，碩士論文，2020。

[29] 李焜堉，「再生粒料導入循環經濟品質管理之研究-瀝青混凝土挖(刨)除粒料應用於基底層」，國立中央大學，碩士論文，2020。

[30] 蔡秉棋，「市區道路工程結合巡查系統之研究 -以新北市歲修標案為例」，國立中央大學，碩士論文，2020。

[31] 蔡弦志，「再生材料應用於道路鋪面工程之成本效益研究」，國立中央大學，碩士論文，2003。

[32] 呂奇龍，「台灣地區綠營建資源回收再利用策略之研究」，國立中央大學，碩士論文，2003。

[33] 黃琮荏，「綠營建材料資源化再利用產業製程品質管理之研究」，國立中央大學，碩士論文，2005。

[34] 許凱鈞，「透水性鋪面碳足跡系統建置之研擬」，國立中央大學，碩士論文，2014。

[35] 行政院公共工程委員會營建物價網，公共工程價格資料庫 https://pcces2.pcc.gov.tw/PCC_MRP

[36] FHWA-RD-97-148 User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction，
https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/97148/049.cfm

附件

一、 基本物性試驗 ..... - 2 -

1.篩分析試驗 ..... - 2 -

2.比重及吸水率試驗 ..... - 5 -

3.洛杉磯磨損試驗 ..... - 10 -

4.健性試驗 ..... - 13 -

5.液性限度試驗 ..... - 16 -

6.塑性限度試驗 ..... - 19 -

7.粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法 ..... - 21 -

8.含砂當量試驗 ..... - 23 -

二、 承載力相關試驗 ..... - 26 -

1.最佳含水量及最大乾密度試驗 ..... - 26 -

2.加州承載比試驗 ..... - 29 -

3.夯實土壤膨脹壓力及 R 值試驗法 ..... - 32 -

一、 基本物性試驗

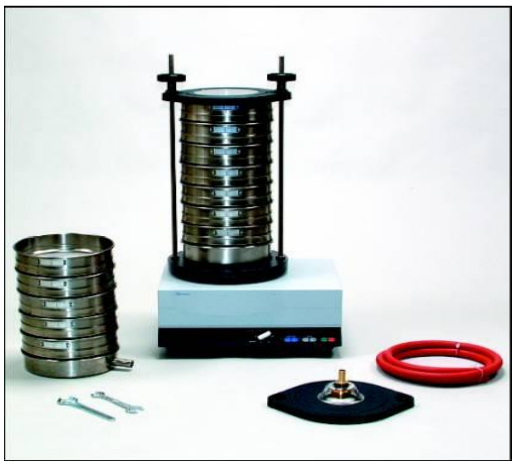
1.篩分析試驗

(1) 試驗目的

可得刨除料之粗細粒料之粒徑分佈曲線，以判斷粒料級配優劣性質及粒料分佈情形，供後續配比設計使用。

(2) 試驗儀器

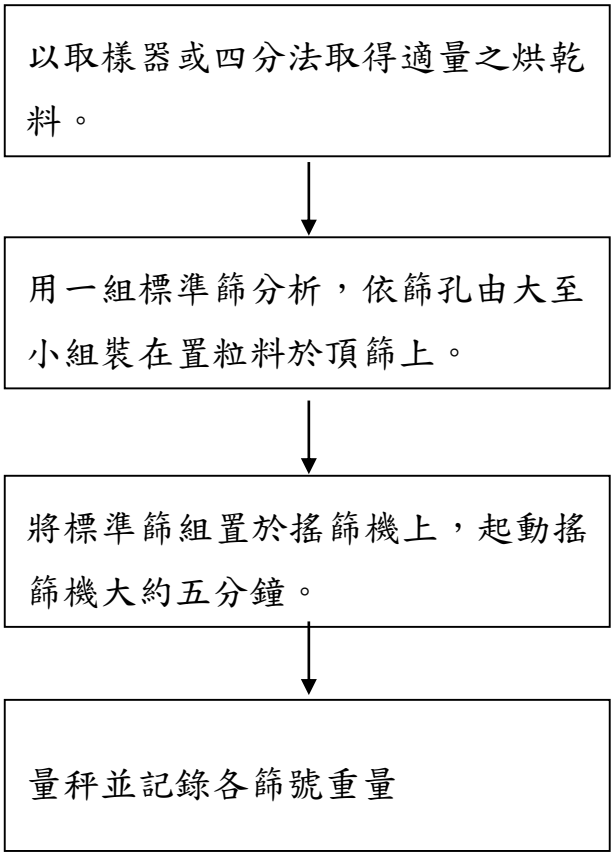
試驗篩網、機械式搖篩機、烘箱、磅秤。試驗儀器圖如附件圖 1 所示。



附件圖 1 篩分析試驗儀器圖

(3) 試驗流程，如附件圖 2。

粗細刨除料篩分析試驗



附件圖 2 篩分析流程圖

(4) 試驗表格：

以下試驗表格之篩號僅供參考，實際篩號由各廠商自行決定。

試驗方法：　　試件編號：

樣品描述：　　試驗日期：

試驗人員：

粗粒料篩分析試驗

篩號	過篩重量(g)	過篩百分比(%)	累積百分比(%)
1”			
3/4”			
1/2”			
3/8”			
No.4			
No.8			
No.16			
No.30			
No.50			
No.100			
底盤			
總重			

細粒料篩分析試驗

篩號	過篩重量(g)	過篩百分比(%)	累積百分比(%)
1”			
3/4”			
1/2”			
3/8”			
No.4			
No.8			
No.16			
No.30			
No.50			
No.100			
底盤			
總重			

2.比重及吸水率試驗

(1) 試驗目的

此試驗係依據 CNS 487 與 CNS 488 規範進行粗細粒料之比重試驗，測定粒料面乾內飽和或乾燥狀態下之比重，以為瀝青混凝土配合設計及拌合參考。

(2) 試驗儀器

此試驗所需之儀器設備包含分樣器、烘箱、恆溫水槽、吊籃、比重瓶、磅秤。試驗儀器圖如附件圖 3 所示。

附件圖 3 比重及吸水率試驗儀器圖

(3) 試驗流程，粗粒料如附件圖 4，細粒料如附件圖 5。

粗粒料比重試驗

將粒料洗淨，於 110±5°C之溫度下烘至恆重，帶室溫冷卻 1~3 小時再進入室溫水 24 小時。

↓

自睡中取出粒料，利用吸水性之布將粒料表面水膜除去，達面乾內飽和，並秤重得試體面乾內飽和重。

↓

將粒料置入水中，於水中秤得水中重。

↓

取出粒料烘乾至恆重，冷卻後秤重得烘乾重。

↓

計算容積比重及吸水率。

附件圖 4 粗粒料比重吸水率流程圖

細粒料比重試驗

先裝一部分水於比重瓶中，在裝入500g 事前準備好之面乾內飽和重之細粒料。

↓

加水至比重瓶達比重瓶容量之 90%。

↓

將比重瓶在平面上來回滾動約15~20 分鐘，迫使其中氣泡全逸出。

↓

控制溫度於 23±1.7℃，並加水至比重瓶校正刻度並秤重。

↓

將比重瓶中細粒料倒出，於 110 ±5℃下烘乾至恆重後，於室溫下冷卻 1~2 小時，秤得烘乾重。

↓

將比重瓶裝水至水位校正刻度，控制溫度於 23±1.7℃時秤重。

計算容積比重及吸水率。

附件圖 5 細粒料比重吸水率流程圖

(4) 試驗表格

粗粒料比重及吸水率試驗表：

試驗方法：　　試件編號：

樣品描述：　　試驗日期：

試驗人員：

項　　目	試驗值
A---試樣之烘乾重(g)	
B---試樣之面乾內飽和重(g)	
C---試樣在水中之重量(g)	
試驗時水溫度(℃)	
校正23℃時校正係數(K)	
虛比重(烘乾法)	
校正23℃粗粒料容積比重$G_{23℃}=G\times K$	
虛比重(面乾內飽和法)	
校正23℃粗粒料容積比重(S.S.D) $G_{(S.S.D)23℃}=G_{(S.S.D)}\times K$	
吸水率(%)	

細粒料比重及吸水率試驗表：

試驗方法：　　試件編號：

樣品描述：　　試驗日期：

試驗人員：

樣品編號	砂
試樣之烘乾重(g)	
試樣之面乾內飽和重(g)	
瓶+水重(g)	
瓶+試樣+水重(g)	
虛比重(面乾內飽和法)(g/cm^3)	
吸水率%	

3.洛杉磯磨損試驗

(1) 試驗目的

使用洛杉磯磨損試驗機測定粗粒料之磨耗性，以判斷其堅硬程度，並根據試驗結果判定粒料品質是否符合混凝土粒料之基本需求。

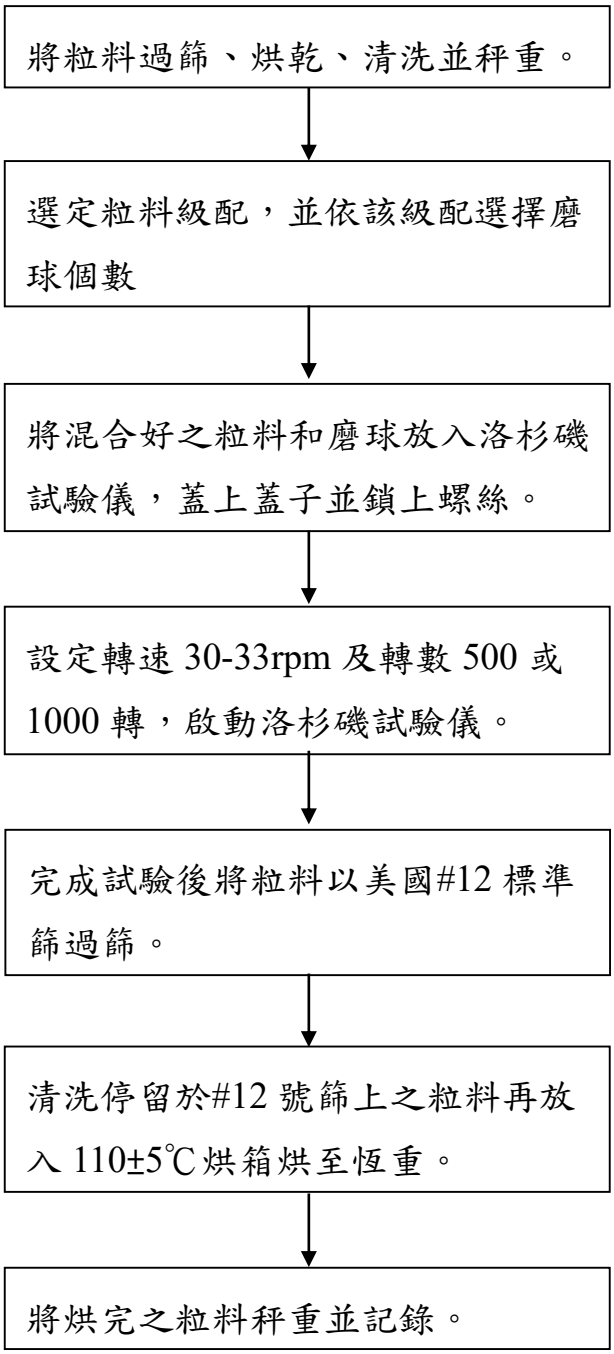
(2) 試驗儀器

洛杉磯磨損試驗機、篩、電子秤、磨球。試驗儀器圖如附件圖 6 所示。

附件圖 6 洛杉磯磨損試驗儀器圖

(3) 試驗流程，如附件圖 7 所示。

粗粒料磨損試驗



附件圖 7 洛杉磯磨損試驗流程圖

(4) 試驗表格

洛杉磯磨損試驗表

項目	單位	試　驗　次　數		
		1	2	3
選擇粗粒料級配	—			
磨球個數	個			
圓筒轉數	轉			
試驗前粗粒料重 W_1	g			
停留在美國＃12 標準篩上重量 W_2	g			
磨損率(%) $= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$	%			
平均磨損率	%			

4.健性試驗

(1) 試驗目的

本試驗依據 CNS 1167「使用硫酸鈉或硫酸鎂之粒料健度試驗法」進行，估算遭受風化作用後之粒料於用作混凝土或其他應用場合時粒料健度；將粒料重複浸置於飽和硫酸鈉溶液後，再將析出於粒料空隙內之硫酸鹽烘乾至部份或完全脫水為止，試樣之準備依各篩號粒徑分別以清水洗淨並烘乾至恆重。

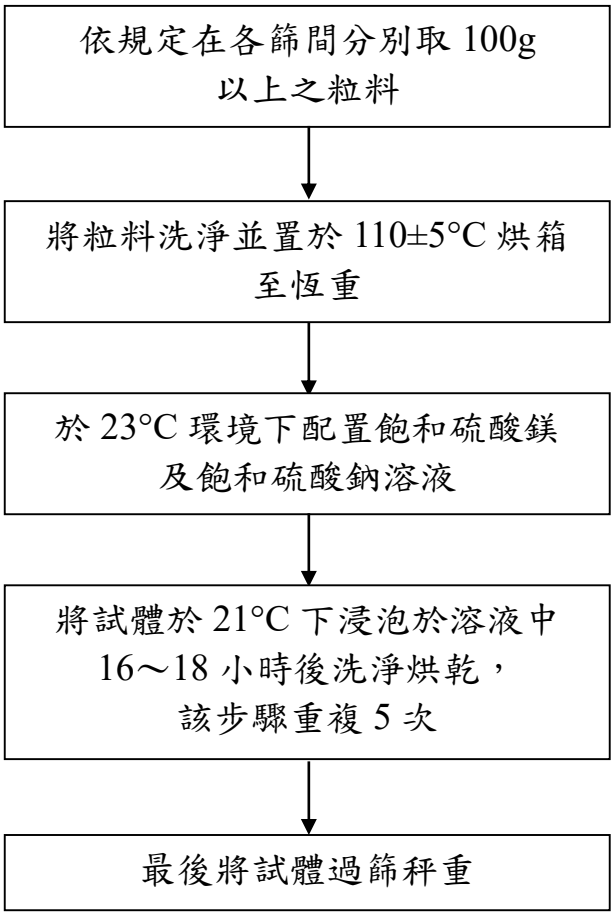
(2) 試驗儀器

藥劑(無水硫酸鈉、氯化鋇)、浸泡用篩網、試驗篩、電子磅秤。試驗儀器圖如附件圖 8 所示。

附件圖 8 健性試驗儀器圖

(3) 試驗流程，如附件圖 9

粒料健性試驗



附件圖 9 健度試驗流程圖

(4) 試驗表格：

健性試驗表

試驗方法：　　試件編號：

樣品描述：　　試驗日期：

試驗人員：

篩號		試驗前試樣重	試樣級配(%)	試驗後試樣重	各篩間損耗量	損耗量佔全體百分率(%)
通過	停留					
1 1/2	1					
1	3/4					
1/2	3/8					
3/8	No.4					
3/4	1/2					
合計						
No.100						
No.50	No.100					
No.30	No.50					
No.16	No.30					
No.8	No.16					
No.4	No.8					
3/8	No.4					
合計						

5.液性限度試驗

(1) 實驗目的

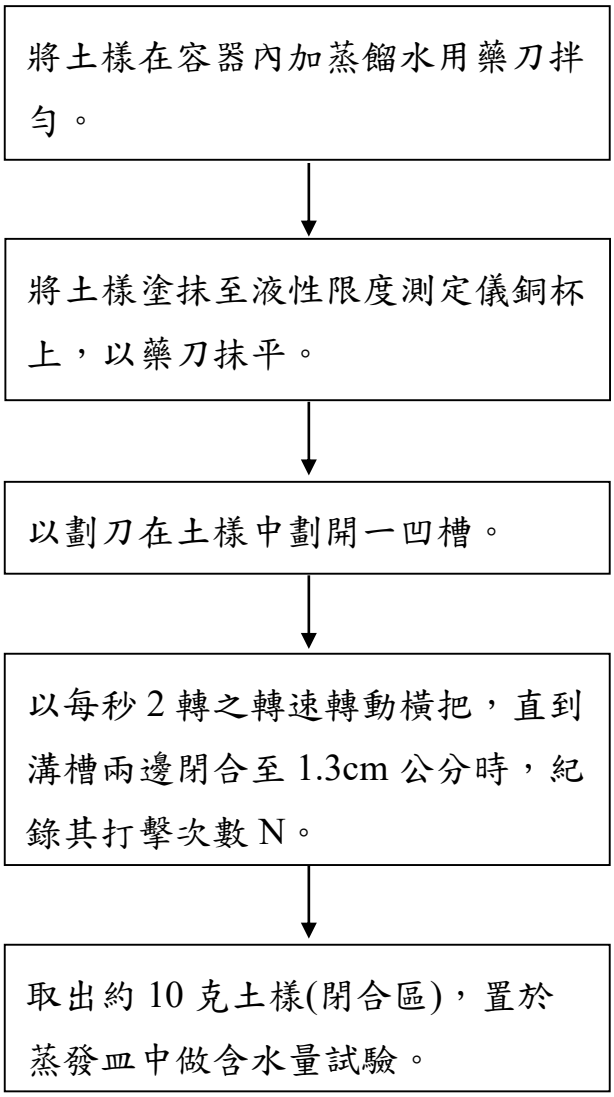
求得土壤液性指數。藉由土壤基本性質，可提供運算用的基本參數，亦可初步研判土壤的工程性質。

(2) 實驗儀器

液性限度測定儀、劃刀、量規、含水量容器、天平、拌合與儲存容器、抹刀、篩網、清洗瓶或容器、烘箱、清洗盤、試劑、液性限度測定儀圖如附件圖 10 所示。

附件圖 10 液性限度測定儀

(3) 實驗步驟，如附件圖 11。



附件圖 11 液性限度試驗流程

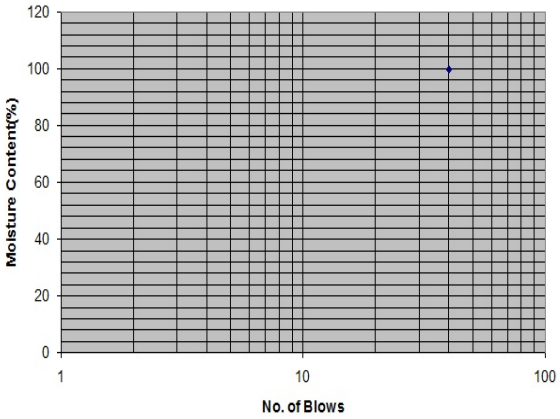
(4) 試驗表格

液性限度試驗表

樣品來源　　取樣日期

試樣名稱　　取樣地點

試驗日期　　備註

液性限度 LL				
試驗組別	1	2	3	
打擊次數				
盛土皿重(g)				
盛土皿+濕土重(g)				
盛土皿+乾土重(g)				
乾土重(g)				
含水量 ω(%)				

6.塑性限度試驗

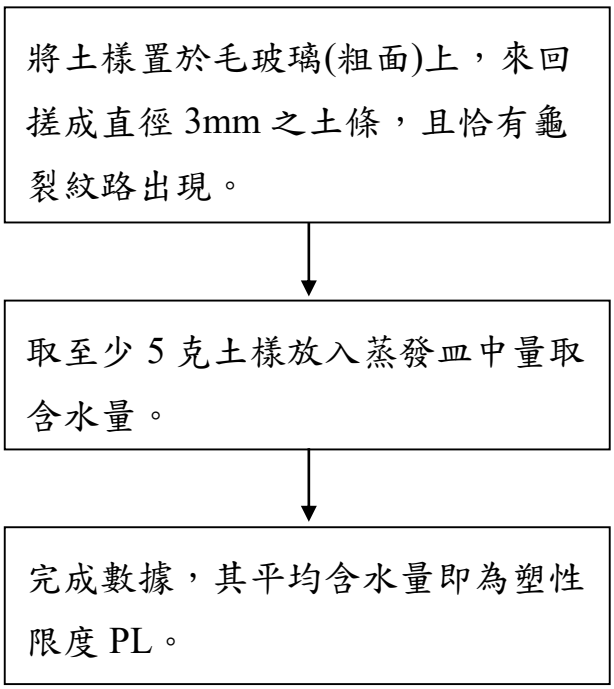
(1) 實驗目的

求得土壤塑性指數。藉由土壤基本性質，可提供運算用的基本參數，亦可初步研判土壤的工程性質。

(2) 實驗儀器

液性限度測定儀、劃刀、量規、含水量容器、天平、拌合與儲存容器、毛玻璃板、抹刀、篩網、清洗瓶或容器、烘箱、清洗盤、試劑。

(3) 實驗步驟，如附件圖 12。



附件圖 12 塑性限度試驗流程

(4) 試驗表格

塑性限度試驗表

樣品來源　　取樣日期

試樣名稱　　取樣地點

試驗日期　　備註

塑性限度 PL					
試驗組別	盛土皿重 (g)	盛土皿+濕土重 (g)	盛土皿+乾土重 (g)	乾土重 (g)	含水量 ω (%)
1					
2					
3					

塑性指數表

塑性指數(PI)	液性限度 LL		%
	塑性限度 PL		%
	塑性指數(PI=LL-PL)		

7.粒料受水合作用之潛在膨脹試驗法

(1) 試驗目的

本試驗量測含有易受水合作用導致體積增加之成分，其夯實密級配粒料之潛在性體積膨脹，例如用於道路基層之鋼爐碴和其他材料，因受水合作用影響導致體積膨脹，此外，本試驗法亦可使用於評估類似粒料之老化，或減低材料潛在膨脹能量處理效率之評估。

(2) 試驗儀器

鋼模、墊塊、膨脹量測器、不銹鋼載重鈑、測微錶、拌和盤、直尺、磅秤、濾紙、容器、儲水設備(可將水溫控制於 70±3℃之水槽或可將試體浸沒並置於烘箱中以控制水溫之容器)

(3) 實驗流程，如附件圖 13。

膨脹試驗

將 18kg 土樣通過試驗篩 19.0mm 及 4.75mm，且停留於 19.0mm 篩需少於 10％，若大於 10％則以通過 19.0mm 並停留在 4.75mm 上之等量材料替代，替代之材料必須為土樣未使用的部分

↓

依前述方法取得三個試樣，並密封保持現地之含水量

↓

將試樣放置附有調整桿之有孔鋼板於鋼模內壓實試樣後，再於鋼板上加足夠之載重板至 4.5kg，鋼模連試體浸於 70±3°C 之水中，使水分能自由進出試體頂面與底面，並於測試期間保持水溫於 70±3°C

↓

樣品訪入熱水中 30 分鐘，此時相關試驗設備之熱膨脹效應已完成。讀取測微錶數值，此為測定樣品膨脹之「基準讀值」

↓

每日添加熱水以保持樣品完全浸沒於水中，連續 7 天讀取測值微錶讀值，此為「每日讀值」。當添加熱水後，至少間隔 2 小時始可讀取測微錶數值

↓

連續或每天測量並記錄水溫

附件圖 13 膨脹試驗試驗流程圖

8.含砂當量試驗

(1) 試驗目的

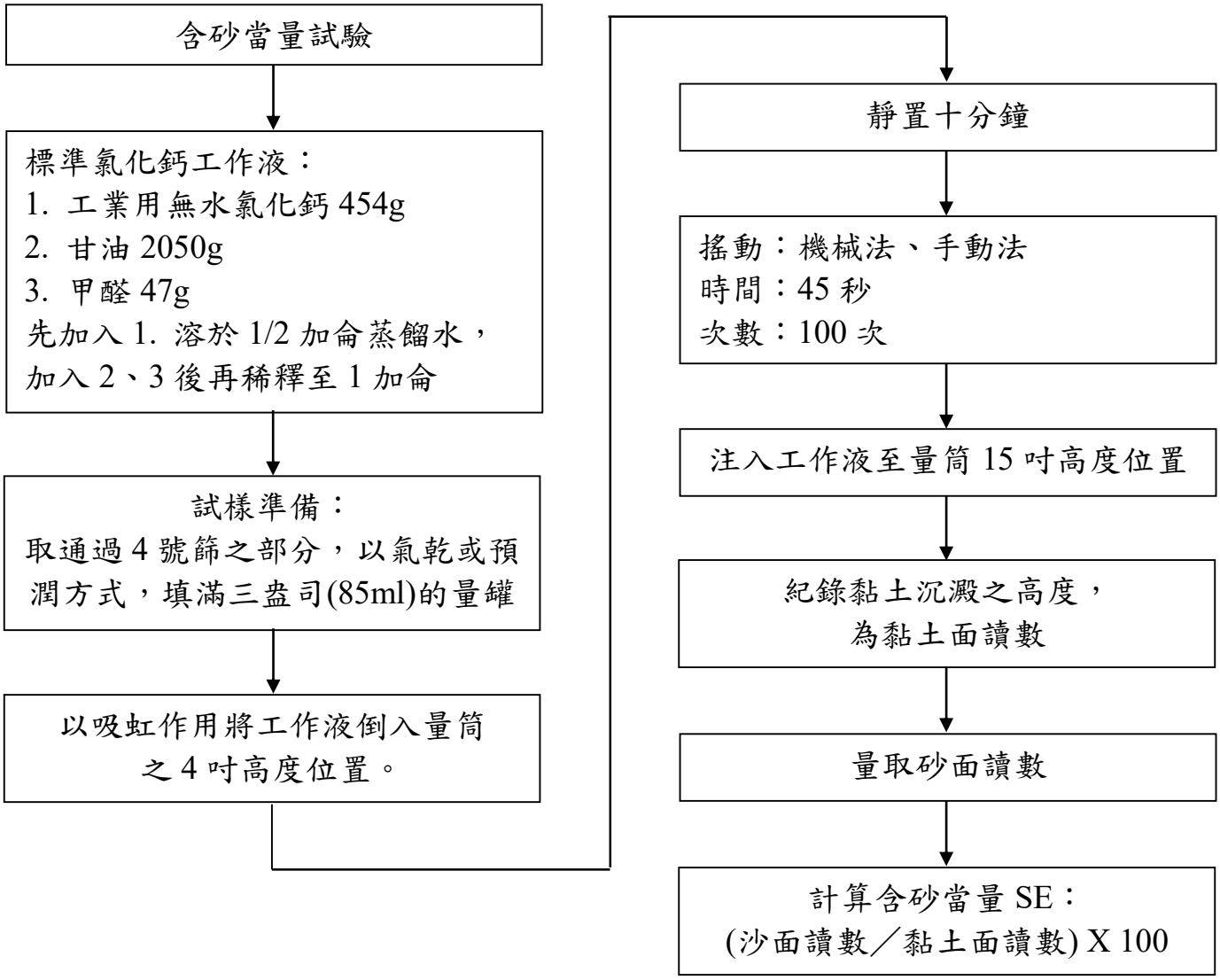
測出細粒料中含黏土多寡，為了避免造成影響工程性質。其中一般含砂當量試驗大都以機械法為主，手搖法較常用於現地試驗中。

(2) 試驗儀器

透明量筒、攪拌器、玻璃瓶、軟管、測桿、量罐儲備液、使用液。試驗儀器圖如附件圖 14 所示。

附件圖 14 含砂當量試驗儀器圖

(3) 試驗流程，如附件圖 15。



附件圖 15 含砂當量試驗流程圖

(4) 試驗表格

含砂當量測試記錄表

試驗規範：□AASHTO T176-08　　□CNS 15346 (2010)

測試編號：_____試驗時之工作溶液溫度：_____℃

(規定須在 22±3℃)

開始試驗日期：　年　月　日　時　分~完成試驗時間：　年　月　日　時　分

樣品描述：

試　驗　編　號		1	2	3
浸透時間 (10 分±1 分)	開始			
	終止			
靜置時間 (20 分±15 秒)	開始			
	終止			
黏土面之讀數				
砂面之讀數				
含砂當量(%)= $\frac{\text{砂面讀數}}{\text{黏土面讀數}}\times 100$				
平均含砂當量(%)				

平均含砂當量值若有小數時，強制進位為整數。

砂面之讀數=量筒讀值減掉 10。

試樣準備採用：

AASHTO □氣乾法　□預濕法　□仲裁法

CNS　□乾燥法　□預濕法

測試採用機械搖動機。

二、 承載力相關試驗

1.最佳含水量及最大乾密度試驗

(1) 試驗目的

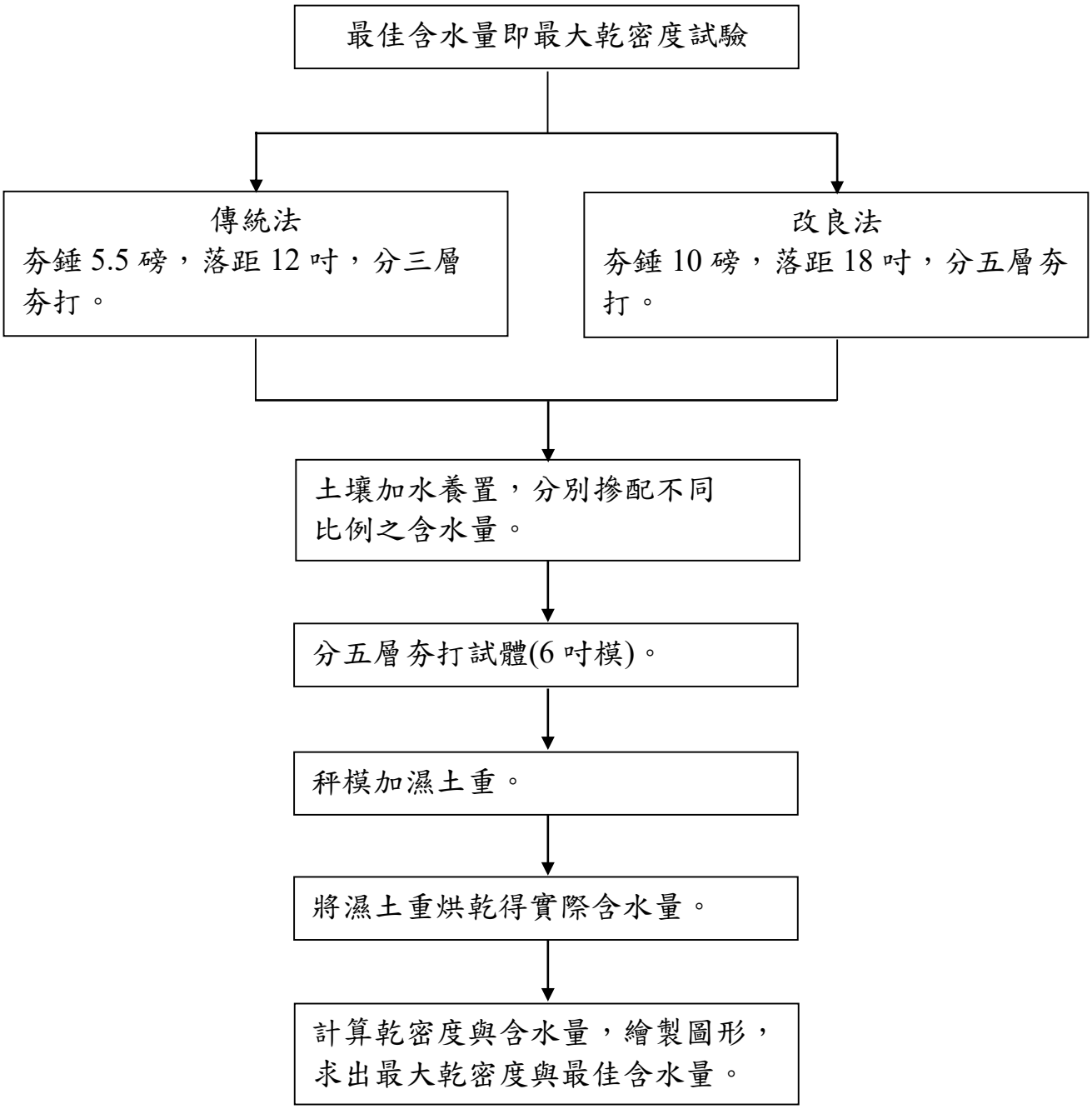
夯實目的為得到最大乾密度所對應之含水量，此含水量稱為最佳含水量，影響夯實的因素除含水量外，還有土壤種類和夯實能量。

(2) 試驗儀器

試驗模具、改良式夯錘、電子秤、烘箱、燒杯。試驗儀器圖如附件圖 16 所示。

附件圖 16 最佳含水量及最大乾密度試驗儀器圖

(3) 試驗流程，如附件圖 17。



附件圖 17 最佳含水量及最大乾密度試驗流程圖

(4) 試驗表格

最佳含水量與最大乾密度試驗表

試驗方法：　　試件編號：

樣品描述：　　試驗日期：

試驗人員：

設計含水量 (%)	模 (kg)	模+試樣 (kg)	濕密度(kg/m^3)	乾密度(kg/m^3)

設計含水量 (%)	盆(g)	料(濕) (g)	盆+料(乾)(g)	含水量%

2.加州承載比試驗

(1) 試驗目的

土壤之加州載重比(California Bearing Ratio)簡稱 CBR 試驗，係路基土壤之貫入試驗，CBR 值可用以設計及檢核柔性路面及機場跑道鋪面厚度，CBR 試驗亦可用於土壤材料施工品質之控制依據。

(2) 試驗儀器

試驗模具、改良式夯錘、電子秤、烘箱、燒杯。試驗儀器圖如附件圖 18 所示。

附件圖 18 加州承載比試驗儀器圖

(3) 試驗流程

A. 依照 CNS12382 A3280 執行加州載重比試驗，依據所得土壤最佳含水量調配土樣，並將土樣分成五層，各以每層 10 下、30 下、65 下之夯擊次數，將土樣夯入下襯墊塊之 CBR 模具中，製作三組不同夯實能量之試體。

B. 去除模具延伸環，將試體表面刮平後翻轉試體，並去除模具底部墊塊，記錄重量。

C. 試體上下加裝濾紙後，將試體固定於多孔底鈑上，加上膨脹延伸器、超載基鈑、膨脹架及測微錶後將全部設備置於水槽中，加水使水淹過試體頂部，同時記錄土體膨脹量達 96 小時或膨脹量不再增加為止。

D. 將試體自水槽中取出，倒掉上部積水後將其靜置 15 分鐘令其自由排水。

E. 將試體置於貫入儀上，先進行預壓，預壓後持續施加適當壓力使貫入棒能以 1.3mm/min 之均勻速率貫入，於貫入深度 0.64、1.27、1.91、2.54、3.81、5.08 及 7.62mm 時，分別記錄所施加之壓力值，必要時同時記錄貫入深度為 10.16 及 12.70mm 時之壓力值。

F. 對每一試體應求取其在 2.54mm 及 5.08mm 時之修正貫入壓力值，CBR 值係取貫入深度為 2.54mm 及 5.08mm 時之修正貫入壓力值，分別除以標準貫入壓力值 6.9MPa 及 10.3MPa(70.36kgf/cm^2 及 105.03 kgf/cm^2)，再乘以 100 之百分比而得，CBR 值通常選用貫入深度 2.54mm 時計算所得值，當貫入深度為 5.08mm 時之百分比較大，則應重新試驗，若此校核試驗之結果相似，則應採用貫入深度為 5.08mm 時之結果為 CBR 值。

(4) 試驗表格

加州承載比試驗表

試驗方法：　　試件編號：

樣品描述：　　試驗日期：

試驗人員：

夯實次數	模+延伸模 (kg)	模+延伸模+試樣 (kg)	盆 (g)	盆+濕料 (g)	盆+烘乾料 (g)	含水量 (%)	乾密度 (kg/m^3)
10							
30							
65							
56							

貫入深度	10	30	65
0.64			
1.27			
1.91			
2.54			
3.81			
5.08			
7.62			
10.16			
12.70			

3.夯實土壤膨脹壓力及 R 值試驗法

(1) 實驗目的

本試驗方法為在實驗室中測試路基(Subgrade)、基層(Subbase)，及底層(base)使用之土壤或級配料的膨脹壓力及 R 值(Resistance Value)。

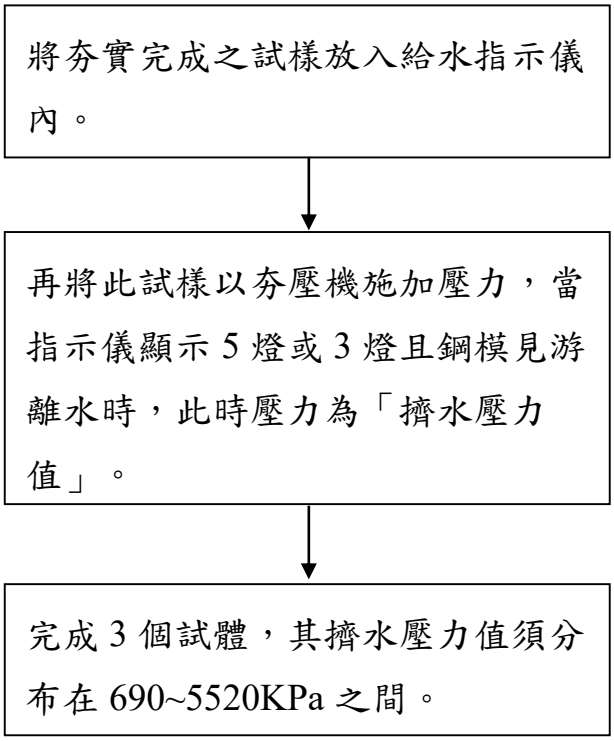
(2) 實驗儀器

揉搓夯壓機(如附件圖 19 所示)、夯壓機、鋼模、橡膠圓盤、金屬墊柱、擠水指示計、有孔圓銅盤、大、小濾紙、膨脹壓力測定儀、膨脹測微錶、穩定儀、標準金屬試體、天平、試驗篩。

附件圖 19 揉搓夯壓機

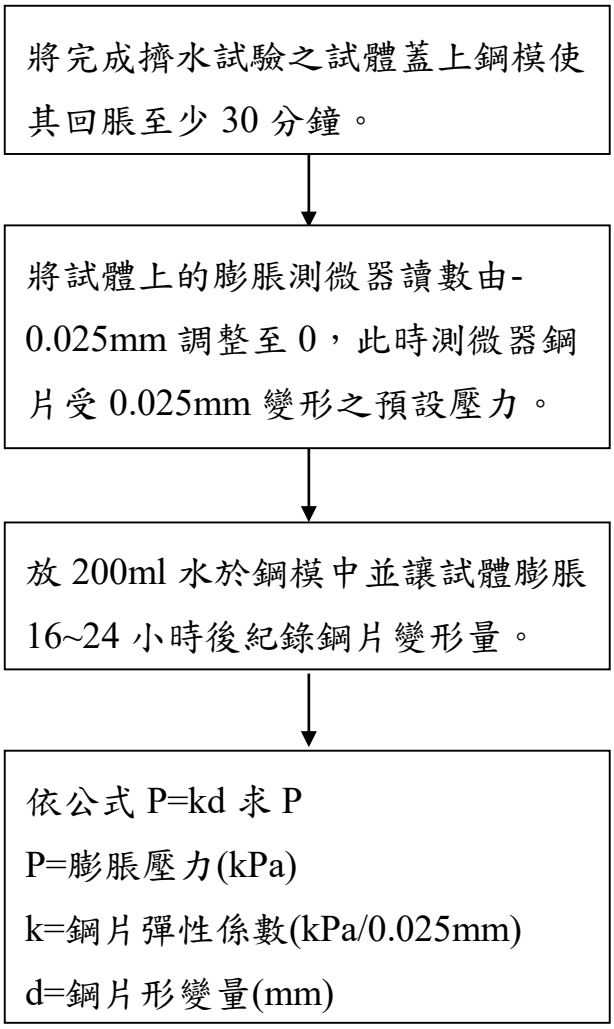
(3) 實驗步驟，如附件圖 20、附件圖 21 及附件圖 22 所示。

擠水壓力試驗



附件圖 20 擠水壓力試驗步驟

膨脹壓力試驗



附件圖 21 膨脹壓力試驗步驟

求 R 值

將完成膨脹壓力試驗之試體放入穩定儀，並以變位幫浦施加 34kPa 水平力，然後用夯實機施以均變速率(1.3mm/min)施加垂直壓力。

↓

當垂直力為 8900N 時停止施壓，並記錄水平壓力 P_h，並調整垂直壓力至 4450N，水平壓力為 34kPa。

↓

以約 2 轉/秒轉動穩定儀幫浦把手，將水平壓力從 34kPa 提高至 690kPa 紀錄把手轉數(D)。

↓

計算 R 值

$$x = 100 - \frac{100}{\left(\frac{2.5}{D}\right)\left[\left(\frac{\mathrm{Pv}}{\mathrm{Ph}} - 1\right) + 1\right]}$$

P_v=1100kPa 垂直壓力。
P_h=為 P_v=1100kPa 時之水平壓力。
D=幫浦把手轉數(次)。

附件圖 22 求 R 值步驟

瀝青混凝土刨除粒料應用於道路基層使用手冊

發行人：桃園市政府航空城工程處

編輯主任委員：林志棟 榮譽教授

編輯副主任委員：何旻哲 專案助理教授

編輯小組：古旻芳 研究助理、陳崴駿 研究助理、陳孟鈴 研究助理

審查委員：張委員之明、步委員永富、陳委員順興、許委員書王、葉委員禮旭
呂委員紹霖

出版單位：桃園市政府航空城工程處

地址：337017 桃市大園區中華路 298 號 D 棟 2、3 樓

網址：https://oapc.tycg.gov.tw/

電話：(03)386-5400

出版年月：中華民國 112 年 3 月

受託單位：社團法人中華鋪面工程學會

ISBN：978-626-7264-27-0

GPN：1011200245