

土木材料工程技術叢書

瀝青混凝土

配合設計及其原理

林志棟 編著



科技圖書股份有限公司

瀝青混凝土配合設計及其原理



版權所有·翻印必究

書名：瀝青混凝土配合設計及其原理
著者：林 志 棟
發行者：張 紫 燕
總經銷：科技圖書股份有限公司
地 址：台北市重慶南路一段 49 號四樓之一
電 話：3118308 · 3118794
郵政劃撥帳號：0015697-3

定價：新台幣 250 元

中華民國六十九年六月初版

七 十 年二月再版

七十二年五月三版

七十四年九月四版（修訂版）

序

路面之於道路，猶如鐵軌之於鐵路，均與行旅之舒適、時間、行車成本有最密切之關係，蓋整個行程中，每點均須與之接觸，影響之大，不言可喻。

台灣地區年來廣泛採用瀝青混凝土作為路面主要材料而取代廉價路面，促能一般道路均平坦如砥，昔日一遇天雨，瘡痍滿目，顛跛不堪之現象已不復存在，成效之顯著，為不爭事實。惟瀝青混凝土之組成、配比、設計、施工、保養等之論著，悉源自美國，致一般初學者正難窺及堂奧，近來雖部份中文書籍亦介紹施工及厚度設計，而對於結構原理，應力分佈等尚付闕如，本書作者本其多年之學業，背境，孜孜不倦之研究精神博集原文名著，參酌國內環境因素，融會貫通，有系統歸納成此巨著。

今瀏覽全書，涵蓋路面各層之結構組成，應力分佈，時間與應變，疲勞與頻次等之原理各類材料之物理化學特性，配合比例，試驗方法，成品檢驗，失敗原因分析，配比設計，施工機具及程序，並擇要列舉實例，不但可誘導工程師瞭解理論依據，進一步探求深奧，亦可供初學者按圖索驥，從而提高路面品質，促進施工績效，增加服務年限，實為不可多得之工程文獻，贊許之餘，樂為之序。

楊廷英 六九年四月

自序

本省公路及道路里程全長一萬柒千多公里，在民國六十四年以前大部分為瀝青三層表面處理或碎石路面；瀝青混凝土高級路面所佔比例甚少，民國六十四年以後，由於國內經濟成長快速、社會發展型態改變、國民所得提高，公路交通量大量增加，原有的路面結構已不符使用，有關公路主管當局，漸漸以高級瀝青混凝土路面取代瀝青簡易路面。據筆者多年來之觀察其所得之成效和理想尚有一段距離，不論新開道路或現有道路之瀝青混凝土路面工程，其使用年限往往祇有設計年限的一半，其原因甚為複雜，其中之一即瀝青混凝土之配合設計不當，不瞭解路面厚度設計原理。

本報告乃鑒於國內工程界對瀝青混凝土配合設計及拌合廠作業程序之整體觀念缺乏。特撰此書以引起國內有興趣之公路工程師，共同切磋研究此方面問題。以加強工程品質管制，並改善施工方法，使路面瀝青混凝土材料之品質提高。期使路面服務水準、路面壽命得以增長，以免路面失敗，導致虛擲濫投公帑。尤其今年國際原油價格暴漲，國內之碎石級配又日益缺乏，瀝青混凝土之成本日益增高，凡吾公路工程師若能有效的控制瀝青混凝土品質，並注意施工細節，則路面工程必然成功，公路能源必能節省，此不特為吾工程人員夙興夜寐奮鬥之目標，亦是吾中國工程師八大信條中所揭櫫的：

- (1) 遵從國家之國防經濟建設政策，實現 國父實業計劃。
- (2) 促進國家工業化，力謀主要物質之自給。
- (3) 推行工業標準化，配合國防民生之需求。
- (4) 不慕虛名，不為物誘，維持職業尊嚴，遵守服務道德。
- (5) 實事求是，精益求精，努力獨立創造，注重集體成就。
- (6) 勇於任事，忠於職所，更須有互助互親愛精誠之合作精神。

本報告係筆者利用公餘空暇，挑燈夜讀，廣泛的蒐集有關資料、文獻，著手分章撰寫。惟生也有涯，學也無涯，尤其是科技文獻一日千里，筆者斗敢撰稿，實在拋磚以引玉，祈盼國內工程諸先進不吝斧正，俾以集思廣益，共同促進公路工程技術水準之升級，實所感幸。

本報告之完成，承蒙台灣省公路局之各位長官之培植及愛護，及公路局材料試驗所提供吾人最佳之研習環境，尤其要致謝的是公路局楊副局長延英在百忙中為之作序，邱處長登獻之審查意見，徐主任敏哉之鼓勵，內人張紫燕在子夜人聲初靜時，為本報告之文字所作之修飾。

師道山高，對於大學、研究所在公路工程、土壤力學方面之老師：蔡學鰲博士、游啓亨博士、姜勇傑博士、宋永規博士等，他們的啓蒙、宵旰、言教、身教，更是吾所銘記的。

友直、友諒、友多聞，對於周圍時時督促我、協助我的同學、同事：毛治國君、潘昭台君、許南輝君、胡文虎君、黃博仁君等對本報告所提供寶貴之意見在此併謝。

林 志 棟

敬識於台北

中華民國 69 年 3 月

本報告摘要

公路工程師在從事公路工程設計時，依筆者看法有四大設計：線形設計、幾何設計、路面厚度設計、公路材料配合設計，而其中為人所疏忽的即是瀝青混凝土配合設計；本報告之重點即說明此配合設計之原理、方法及其應用。

第一章緒論：說明瀝青路面之結構、瀝青混凝土種類、柔性路面厚度設計方法、瀝青混凝土配合設計和水泥混凝土配合設計異同，拌合廠和瀝青混凝土配合設計之關係。

第二章瀝青材料及其工程性質：說明瀝青材料名詞、成份及製造程序；瀝青材料種類與一般性質、規格；瀝青材料物理及化學性質；瀝青材料試驗及其物理意義；瀝青材料工程性質及其應用。

第三章粒料及其工程性質：說明粒料之種類、製造方法；粒料特性，篩分析；粒料級配理論、粒料顆粒分佈曲線和瀝青混凝土種類之關係；粒料之級配調整法；二種以上粒料之配合；粒料比重對配合比之影響；粒料試驗及其物理意義。

第四章瀝青混凝土配合設計之原理：介紹路面應力、應變分析觀念；柔性路面失敗原因分析；瀝青混凝土面層之力學特性；瀝青混凝土配合設計原理；影響瀝青混凝土配合設計之因素。

第五章瀝青混凝土配合設計——馬歇爾法：介紹試驗方法沿革及儀器介紹、粒料及瀝青材料準備方法、試體準備、比重測定、穩定值、流壓值測定、試驗資料整理及分析，調整瀝青混凝土配合設計一般準則；瀝青混凝土最大比重測定。

第六章瀝青混凝土配合設計——威氏法：介紹試驗方法沿革；以離心式煤油當量估計最佳瀝青含油量、粒料及瀝青材料準備；試體揉壓方法、穩定值試驗、凝聚值試驗、膨脹試驗、試驗資料整理分析等。

第七章瀝青混凝土配合設計之數據分析：解釋各種比重定義、各計算公式推演及說明、範例說明、配合設計符號說明。

第八章瀝青混凝土拌合廠作業程序：說明瀝青混凝土拌合廠作業原理、瀝青混凝土拌合廠生產控制程序、衡量式拌合廠粒料調整法、連續式拌合廠粒料調整法、熱拌式瀝青拌合廠之檢驗。

有關瀝青混凝土之品質管制問題，由於牽涉到工程統計學、或然率、品質管制等專業課程，故在本報告並未涉及，筆者擬另以其他報告「品質管制在路面工程上應用」來說明，此點請見諒。

瀝青混凝土配合設計和路面厚度設計二者關係甚為寫切，二者相輔為用，有關此路面厚度設計方法、原理，則在另報告，「柔性路面厚度設計及其成效評估」中說明。

審核意見表

「公路工程改善施工方法之研究」第一輯，有關瀝青混凝土配合設計及其原理之研究報告，分上、中、下三冊，共（500）頁之多。

本研究報告分八章，第一章至第三章除介紹瀝青混凝土路面結構，基本目標和特性等外對其主要材料，瀝青之種類，性質，規格，試驗法，工程性質及應用及對粒料特性，粒料級配理論等論述甚詳，尤其對各種粒料之調整法，粒料顆粒分佈校正原理等之論述更具有實際應用價值。

第四章先介紹路面多層彈性系統觀念，然後對路面應力應變分析，瀝青混凝土面層之力學特性，影響配合設計因素，配合設計原理等論述甚詳，並另附有瀝青混凝土路面失敗之各種型態照片十八幅，分別說明分析其失敗原因，更搜集本省柔性路面失敗之各種實際型態，分析原因及論述對策，提醒從事設計或施工人員之注意。

第五、六章，對馬歇爾法及威氏法之瀝青混凝土配合設計，自發展沿革，試驗儀器，材料準備至各項試驗之過程等說明甚詳，並對實驗資料加以整理分析，研究出一套調整瀝青混凝土配合設計準則，此準則對材料性質之偏高或偏低，應如何調整等有詳盡之說明。

第七章對瀝青混凝土配合設計計算公式加以解析，並舉實例說明。

第八章對瀝青混凝土拌合廠作業原理，生產過程，各式拌合廠粒料調整方法，檢驗，試驗法等介紹甚詳。

總之本研究報告對瀝青混凝土路面之力學特性，路面應力應變之解析，瀝青混凝土配合原理等理論探討徹底，對瀝青本身或應用於工程上之有關各種試驗方法，過程，儀器等介紹詳盡，對瀝青混凝土路面之各種失敗型態之因及對策，分析詳細，更對拌合廠作業過程，原理，材料調整，檢驗等論述甚詳，因此本報告無論對從事於瀝青混凝土路面研究者、試驗者、施工者，甚至於生產者均有很大益處。

目 錄

第一章 瀝青混凝土路面工程概論

1-1 前 言	1
1 柔性路面定義	1
2 柔性路面之優點	1
3 瀝青混凝土處理底層之優點	1
4 全厚度瀝青混凝土路面之優點	2
1-2 瀝青混凝土路面結構及其作用	2
1 瀝青路面結構	2
2 摩 擦 層	5
3 面 層	5
4 聯 結 層	5
5 整 平 層	5
6 透 層	6
7 黏 層	6
8 底 層	6
9 基 層	6
1-3 瀝青路面之六大基本目標	7
1 支持交通荷重之能力	7
2 防止路床積水之能力	7
3 面層材料受荷重損失減至最小限度之能力	7
4 路面面層具有合理之質地	7
5 路基、基層、底層具有彈性	7
6 對天候之抵抗能力	7
1-4 瀝青混凝土之特性	7

2 瀝青混凝土配合設計及其原理

1 耐 久 性	8
2 穩 定 性	8
3 柔 性	8
4 空隙率適當性	8
5 工 作 性	8
6 抗 滑 性	9
1-5 柔性路面設計與瀝青混凝土配合設計	9
1 影響柔性路面設計厚度因素	9
2 柔性路面設計原理	9
3 柔性路面厚度設計方法	13
4 瀝青混凝土配合設計	16
1-6 水泥混凝土配合設計與瀝青混凝土配合設計	20
1 水泥混凝土重要性質	20
2 水泥混凝土之配合設計原則	22
3 混凝土配合設計	22
4 混凝土配合設計流程圖	24
5 混凝土和瀝青混凝土配合設計之比較	26
1-7 瀝青混凝土拌合廠作業程序與瀝青混凝土配合設計	26
1 瀝青混凝土拌合廠作業程序	27
2 瀝青混凝土配合設計	28

第二章 瀝青材料及其工程性質

2-1 瀝青材料概論	32
1 定 義	32
2 瀝青材料簡史	32
3 術語及詞彙	33
2-2 瀝青材料之製造	37
1 原油之成份及分類	37
2 瀝青膠泥之製造	37
3 其他瀝青材料之製造	41
2-3 瀝青材料之種類、一般性質及規格	42
1 天然地瀝青	42

2	石油地瀝青膠泥	42
3	油溶瀝青	54
4	乳化瀝青	63
5	柏 油	70
2-4	瀝青材料之物理及化學性質	74
1	瀝青材料之組成	74
2	瀝青材料之物理性質	74
3	瀝青材料之化學性質	80
2-5	瀝青材料試驗	84
1	瀝青材料試驗方法	84
2	瀝青膠泥試驗	87
3	速凝及中凝油溶瀝青	99
4	慢凝油溶瀝青	101
5	乳化瀝青	104
6	瀝青材料之鑑別	107
2-6	瀝青材料之工程性質及應用	111
1	瀝青材料之黏著力	111
2	瀝青材料之稠度及溫度關係	115
3	瀝青材料之氧化作用與路面成效關係	119
4	瀝青材料之質流特性	122
5	瀝青材料之應用	124

第三章 粒料及其工程性質

3-1	粒料概論	134
1	定 義	134
2	粒料分類	134
3	碎石廠粒料之製造程序	135
3-2	粒料特性	138
1	級配及顆粒大小	138
2	強度及韌性	139
3	形 狀	141

4 瀝青混凝土配合設計及其原理

4	孔隙率	142
5	表面組織	142
6	表面親油性	143
7	耐 久 性	144
8	潔 淨 度	144
3-3	粒料篩分析	145
1	粒料篩分析之物理意義	145
2	粒料篩分析試驗	147
3	粒料顆粒分析在路面工程上之應用	150
3-4	粒料級配理論	154
1	粒料級配理論 富勒氏曲線	154
2	富勒氏公式和統一分類法比較	153
3-5	粒料之顆粒分佈曲線和瀝青混凝土種類之關係	158
3-6	單一粒料之級配調整法	167
1	單一粒料中除去超大 (Oversize) 尺寸者	163
2	單一樣品除去一部分通過 No. 4 號篩之粒料	168
3	單一樣品除去一部分遺留於 No. 4 號篩之粒料	170
4	單一樣品除去全部通過 No. 4 號篩之粒料	171
5	單一樣品除去一部分通過 No. 200 號篩者	172
6	單一樣品除去 1 吋篩以上之粒料，而代以 No. 4 號篩 間之粒料	174
3-7	兩種以上粒料之配合設計	176
1	數 學 法	176
2	圖 解 法	178
3	試 誤 法	196
4	數值分析法	197
5	其他方法	197
6	結 論	197
3-8	粒料比重和配合比之修正	199
1	校正原理	199
2	單一粒料中，粗料和細料比重不同之調整法	200
3	兩種以上粒料比重不同之校正配合比方法	202
3-9	粒料試驗及其物理意義	204

2. 粒料試驗	204
---------	-----

第四章 瀝青混凝土配合設計原理

4-1 路面應力應變分析	219
1. 多層彈性系統觀念	219
2. 單層系統分析	223
3. 雙層系統分析	235
4. 三層系統分析	238
5. 柔性路面應力分佈和瀝青混凝土配合設計	256
4-2 柔性路面失敗原因分析	258
1. 柔性路面缺陷之形式	258
2. 柔性路面缺陷分析和瀝青混凝土配合設計	268
3. 本省柔性路面失敗之原因	270
4-3 瀝青混凝土面層之力學特性	272
1. 流質特性	272
2. 張應力	277
3. 熱應力	280
4. 疲勞特性	280
5. 剪力強度	283
4-4 瀝青混凝土配合設計原理	288
1. 瀝青混凝土配合設計之目的	288
2. 瀝青混凝土之力學試驗	289
3. 瀝青混凝土配合設計原理	293
4-5 影響瀝青混凝土配合設計因素	297
1. 影響瀝青混凝土抵抗變形之物理成份	297
2. 影響瀝青混凝土破碎之因素	303
參考文獻	304

第五章 瀝青混凝土配合設計 - 馬歇爾法

5-1 前言	307
1. 發展沿革	307
2. 適用範圍	307

6 瀝青混凝土配合設計及其原理

3	試驗方法摘要	308
5-2	試驗儀器介紹	315
1	馬歇爾試驗儀	315
2	夯壓試體設備	315
3	瀝青混合物拌合設備	317
4	其他附帶設備	319
5-3	瀝青混凝土馬歇爾配合設計流程圖	322
1	單位重、穩定值、流度值	322
2	求空隙 (V_a) 及石料間孔隙率 ($V.M.A.$)	323
5-4	粒料及瀝青材料準備	324
1	初步設計試驗	324
2	粒料、瀝青材料基本試驗	324
3	粒料之篩分析及配合比決定	324
4	粒料及瀝青材料之拌合準備數量計算及稱重	324
5-5	試體之準備	337
1	試體數目決定	337
2	粒料之準備	337
3	試體之拌合及夯壓溫度決定	337
4	瀝青混合料拌合	338
5	瀝青混合物之夯壓	339
5-6	瀝青混凝土試體虛比重測定	341
1	所需儀器設備	341
2	石臘比重測定	341
3	瀝青混凝土虛比重測定：封臘法	341
4	瀝青混凝土虛比重測定：直接體積量測法	342
5	瀝青混凝土虛比重測定：不塗臘浸水法	342
5-7	穩定值及流度值測定	343
1	穩定值測定	343
2	流度值測定	343
5-8	馬歇爾試驗記錄表格及計算	345
1	記錄表格	345
2	表格計算	345

3. 配合設計計算表格	345
5-9 試驗資料之整理及分析	347
1. 研究資料	347
2. 繪製各種關係曲線圖	347
3. 試驗結果說明分析	347
4. 最佳含油量之決定	347
5-10 調整瀝青混凝土配合設計一般準則	349
1. 空隙率偏低，穩定值偏低	349
2. 空隙率偏低，穩定值尚可	349
3. 空隙率偏高，穩定值適宜	350
4. 空隙率適宜，穩定值偏低	350
5. 空隙率偏高，穩定值偏低	350
5-11 瀝青混凝土配合設計之幾個因素	351
1. 溫度控制	351
2. 材料品質	351
3. 瀝青含量	351
4. 工地密度	351
5. 夯壓密度	351
6. 穩定值	351
7. 流動值	351
8. 孔隙率及空隙率	351
5-12 瀝青混合物之最大比重測定	351
1. 目的	351
2. 所用儀器介紹	351
3. 玻璃瓶校正	352
4. 試樣準備	352
5. 試驗方法	352
6. 最大比重計算	353
7. 試驗範例	354
參考文獻	355

第六章 瀝青混凝土配合設計 - 威氏法

6-1 前言	357
--------	-----

1	發展沿革	357
2	適用範圍	358
3	試驗方法摘要	358
4	威氏瀝青混凝土配合設計流程圖	359
6-2	用離心式煤油當量估計最佳瀝青含油量	359
1	概 說	361
2	C. K. E. 流程圖	361
3	試驗儀器及材料介紹	361
4	材料準備	364
5	名詞定義	364
6	試驗方法及資料計算	366
7	估計最佳瀝青含量	368
6-3	粒料及瀝青材料準備	376
1	試驗儀器介紹	376
2	粒料及瀝青材料之加溫控制	378
3	樣品之準備	378
4	試體拌合	383
6-4	試體揉壓方法	384
1	試驗儀器介紹	384
2	膨脹試驗試體揉壓	388
3	穩定值、凝聚值試體揉壓	390
6-5	穩定值試驗	393
1	原理介紹	393
2	儀器介紹	393
3	試體控制及儀器調整	393
4	試驗步驟	395
5	穩定值計算	397
6	注意事項	397
6-6	凝聚值試驗	400
1	原 理	400
2	儀器介紹	400
3	試體控制及儀器調整	400