



中國生產力中心公共工程品質管理訓練班

# 第十章 瀝青混凝土路面施工 及檢驗基準

主講人 劉文宗

108.3.8

# 劉文宗 簡歷

- 高苑科技大學院 土木工程系 副教授
- 泰國亞洲理工學院 大地與運輸工程研究所博士
- 中華鋪面工程學會叙獎、顧問及諮詢委員
- 土木技師、大地技師



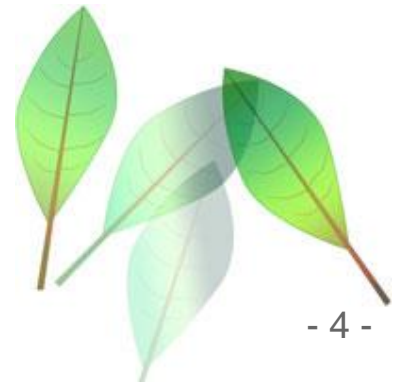
# 瀝青混凝土路面施工 及檢驗基準

1. 序論
2. 級配粒料底層
3. 透層
4. 黏層
5. 瀝青混凝土底層及面層
6. 結語



# 前 言

- ✓ 使用人的感受
- ✓ 服務指標：
  - 道路容量
  - 路線曲線
  - 鋪面平坦度--舒適度
  - 表面摩擦度--安全



# 1.1 路面結構

## 一、前言--鋪面的使用

柔性路面--瀝青路面

剛性路面--水泥路面

路面工程材料規格及施工要求常有多種設計上之選擇，  
施工時應依契約規定辦理。

內容依據

1. 公共工程綱要規範

2. 美國瀝青學會之瀝青路面技術資料



# 柔性路面結構

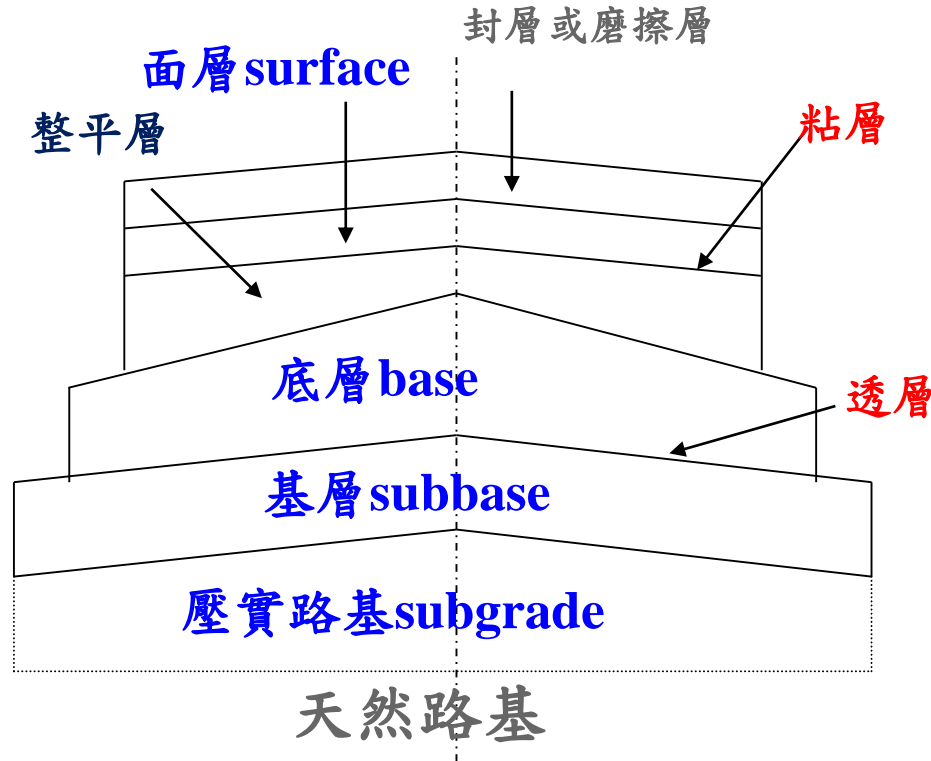
面層:

AC (密級配)  
Asphalt concrete

底層:

AC(粗級配)  
級配料

基層:(可選)  
水泥處理、  
AC(少數)  
級配料



粘層

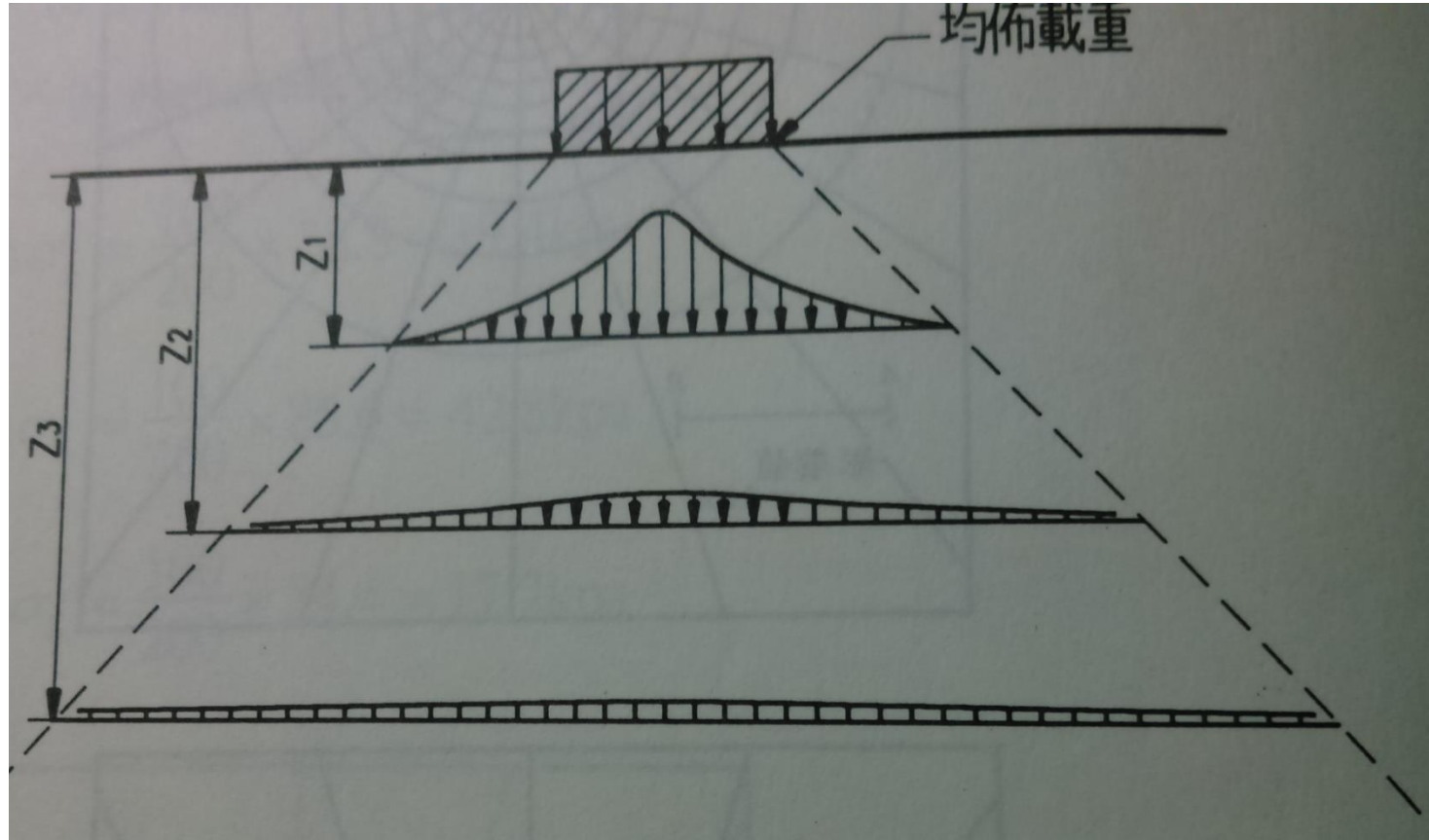
快凝油溶瀝青  
乳化瀝青

透層

中凝油溶瀝青  
乳化瀝青



# 向下傳遞路面所傳佈的車輛重量



# 路面結構 (1/2)

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 + a_3 * D_3$$

(AASHTO )

SN : Structure Number 結構指數  
(路面承載能力的指標)

a: 某層之承載指數

AC瀝青混凝土 0.35~0.44

級配料 0.11~0.14

D: 某層之鋪築厚度





# 柔性路面結構

1. 凡路面本身不能承受彎曲應力，其底下任何一層發生變形時，其上各層亦隨即發生變形，是為柔性路面，如各種瀝青路面、土路、碎石路等。
2. 柔性路面結構係採多層式，依使用要求、受力狀況、壓實路基之承載條件。



# 表1 我國瀝青路面主要構造

| 層次名稱           | 厚度                            | 用途                     | 備註                  |
|----------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| 開放級配磨擦層        | 約 1.5cm，國道 6 號為 3cm           | 提高摩擦力、減少下雨產生水膜增加行車安全   | 目前僅高速公路鋪設           |
| 瀝青黏層           | 不規定厚度，規定噴灑若干 L/m <sup>2</sup> | 界面粘結                   | 鋪設磨擦層時才施作           |
| <b>瀝青混凝土面層</b> | 約 5~30cm                      | 直接承受車輛荷重、提供摩擦及減少水分滲入路面 | 目前高速公路以外之道路鋪設至此層    |
| 瀝青黏層           | 不規定厚度，規定噴灑若干 L/m <sup>2</sup> | 界面粘結                   | 瀝青面層及瀝青底層分層鋪築、加封時使用 |

|                  |                                  |                            |                             |
|------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 瀝青混凝土底層<br>(聯結層) | 約10~30cm                         | 承受面層傳遞來之應力，並加以分散傳送給級配粒料底層  | 部分地方道路不設此層                  |
| 瀝青透層             | 不規定厚度，規定噴灑若干<br>L/m <sup>2</sup> | 粘結級配粒料底層表面，減少毛細水上升         | 噴灑於級配粒料底層之上，並滲入之            |
| 級配粒料底層           | 約20~40cm                         | 承受瀝青混凝土底層傳遞來之應力，並加以分散傳送給基層 |                             |
| 級配粒料基層           | 50~100cm                         | 承受級配粒料基層傳遞來之應力，並加以分散傳送給路基  | 依設計之需要鋪設，常設於橋台，等前高砂石料減少採用此層 |
| 路基               |                                  | 承受總荷重                      |                             |

## 1.2 瀝青路面之優缺點

相對於水泥路面，一般而言，瀝青路面有以下優點：

1. 優點：

(1) 車輛行駛舒適。

(2) 施工容易。

(3) 鋪築後至開放通車之時間短。

(4) 局部挖填及修補容易（易挖埋管線）。

(5) 可作薄層加封。

(6) 新建成本低。



# 瀝青路面缺點

- (1) 路面黑暗。
- (2) 服務年期短，需常維修。
- (3) 生命週期總成本高（因維護成本高）。
- (4) 高溫時強度降低。
- (5) 高溫會燃燒冒濃黑煙及有害氣體。
- (6) 易被有機溶劑溶解。
- (7) 煞車、起動及急轉彎路段易損壞。
- (8) 多雨潮濕易發生瀝青剝離損壞。



# 1.3 瀝青路面設計概要

路面工程設計概念、工程圖說及相關規定。

瀝青路面設計可分成以下三大項（前二項由工程設計者辦理，第三項由承包商提送設計報告供業主或監造單位審查）：

1. **道路幾何設計**：道路線形、縱斷面、橫斷面及槽化

行車 地形 排水 曲率 景觀

2. **鋪面厚度結構設計**：各層厚度及材料

因素：交通軸重(設計年期)

鋪面、路基強度(材料特性)

環境條件(氣溫及排水條件)

3. **鋪面材料配合設計**：配比設計、級配料及瀝青



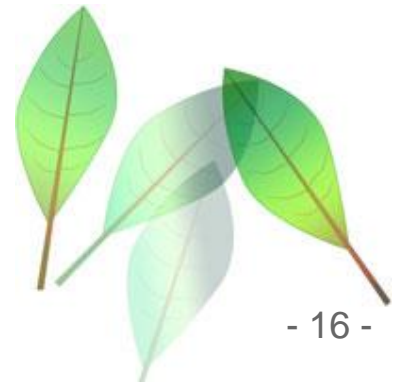
# 1.4 瀝青路面施工程序

1. 測量放樣、架設施工圍籬、設置安全標誌、清理工地等周邊工作。
2. 路基土石方挖填滾壓。
3. 級配粒料基層鋪築滾壓。
4. 級配粒料底層鋪築滾壓。
5. 撒佈瀝青透層。
6. 瀝青混凝土底層鋪築滾壓。
7. 撒佈瀝青粘層。
8. 瀝青混凝土面層鋪築滾壓。
9. 繪製標線、安裝路面標記、號誌等交通工程設施。
10. 撤離施工圍籬等、驗收、開放交通。



# 路基 02336 路基整理

1. 路基係按設計路線的平面位置和**縱坡度**的規定，在地面上開挖或填築、滾壓成一定**斷面形狀**的土石帶狀結構物。
2. 為路面基礎並向下傳遞路面所傳佈的車輛重量及路面本身重量者。
3. 土石滾壓在**最佳含水量**
4. 路基的強度用以決定路面厚度，此強度通常用**CBR值、R值、Mr值、K值**等。





# 基層

第02722章「級配粒料基層」。

1. 基層係建於路基之上底層之下的層次。
2. 如底層之材料合乎理想，而有足夠厚度，則基層可不用。
3. 因基層材料較底層為遜，其傳遞能力亦較底層為差，故如採用基層時，則路面總厚度當較僅用底層而不用基層者為大。
4. 屬於A-1-a、A-1-b、A-3、A-2-4、A-2-5等材料都可用作基層材料。(AASHTO)



## 二、級配粒料底層 第02726章「級配粒料底層」

1. 底層位於面層之下，是路面結構中的承重部份，底層主要作用仍將車輛之重量自面層傳至基層或路基。
2. 底層應具有足夠強度和擴散應力的能力。
3. 底層與面層具充分的結合性以提高路面結構整體強度，避免面層發生沿底層滑移推擠的現象。
4. 所用材料應為優良的碎石級配料或為瀝青、水泥石灰等處理之土壤或級配料



## 2.2 底層材料

1. 應為岩石、礫石或再生粒料軋製之碎石級配料、天然級配料或再生粒料級配；使用再生級配粒料時，應符合環保及工程等相關規定。
- 2. 底層級配粒料須清潔，其粗粒料應質地堅韌及耐久，經洛杉磯磨損試驗（CNS 490 [粗粒料（37.5mm以下）磨損試驗法]），其磨損率不得大於50%。
4. 所用材料應為優良的碎石級配料或為瀝青、水泥石灰等處理之土壤或級配料



# 表2 底層級配料之級配規定

| 試驗篩<br>mm (in.)  | 過篩百分率 (%) |         |
|------------------|-----------|---------|
|                  | A型        | B型      |
| 50.0 ( 2 )       | 100       | 100     |
| 25.0 ( 1 )       | -         | 75 ~ 95 |
| 9.5 ( 3/8 )      | 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  |



圖2 底層級配粒料（左為A型，右為B型）??



## 2.3 施工要點

### 2.3.1 撒鋪材料

- 1. 運達工地之合格材料，用通常分堆堆置於路基或基層上，再以平路機(圖3)鋪平於已整理完成之路基或基層面上。
- 2. 在撒鋪之前，**應適當灑水，以得一適宜之濕度。**
- 3. 撒鋪時，如粒料有不均勻或析離現象時，應以平路機拌和消除。
- 4. 不合規定之顆粒及一切雜物，均應隨時檢除。







5. 級配粒料每層壓實厚度視滾壓機具之能量而異，通常每層壓實完成之厚度不得超過20cm，每層厚度須大於粒料標稱最大粒徑之2倍。

施工時應適當控制鋪築之鬆方厚度（尚未壓實之厚度），鬆方厚度約為壓實厚度之1.35倍。



圖3 平路機





## 2.3.2 滾壓

- 1. 級配粒料撒鋪及整形完成後，即以**10公噸**以上鐵輪壓路機或震動壓路機滾壓（圖4及圖5）。
- 2. 滾壓時，應以噴霧式灑水，使級配粒料含有適當之含水量（宜接近**最佳含水量OMC±2%**）所規定之密度。
- 3. 如級配粒料含水量過多時，應翻曬俟適當程度後，始可滾壓。
- 4. 滾壓時應**由路邊開始**，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，直至達到所規定之壓實度時為止。



## 2.3.2 滾壓

- 5. 在曲線**超高**處，滾壓應**由低側開始**，逐漸移向高側。
- 6. 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。
- 7. 分層鋪築時，在每一層之撒鋪與壓實工作**未經檢驗合格之前，不得繼續鋪築其上層**。
- 8. 最後一層滾壓完成後，應以平路機刮平，隨即再予滾壓。
- 9. **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**。





圖4 鐵輪壓路機



圖5 震動壓路機



## 2.3.3 保護

- 1. 已完成之底層應經常灑水保養，以防細料散失。
- 2. 如底層於鋪設面層之前，發現有任何損壞或其他不良情況時，應重新整平滾壓。



## 2.4 檢驗基準

- 2.4.1 級配及品質檢驗

每600m<sup>3</sup>抽樣檢驗一次

級配篩分析（**CNS 486**[粗細粒料篩析法]）

及磨損率檢驗（**CNS 490**[粗粒料（37.5mm以下）磨損試驗法]



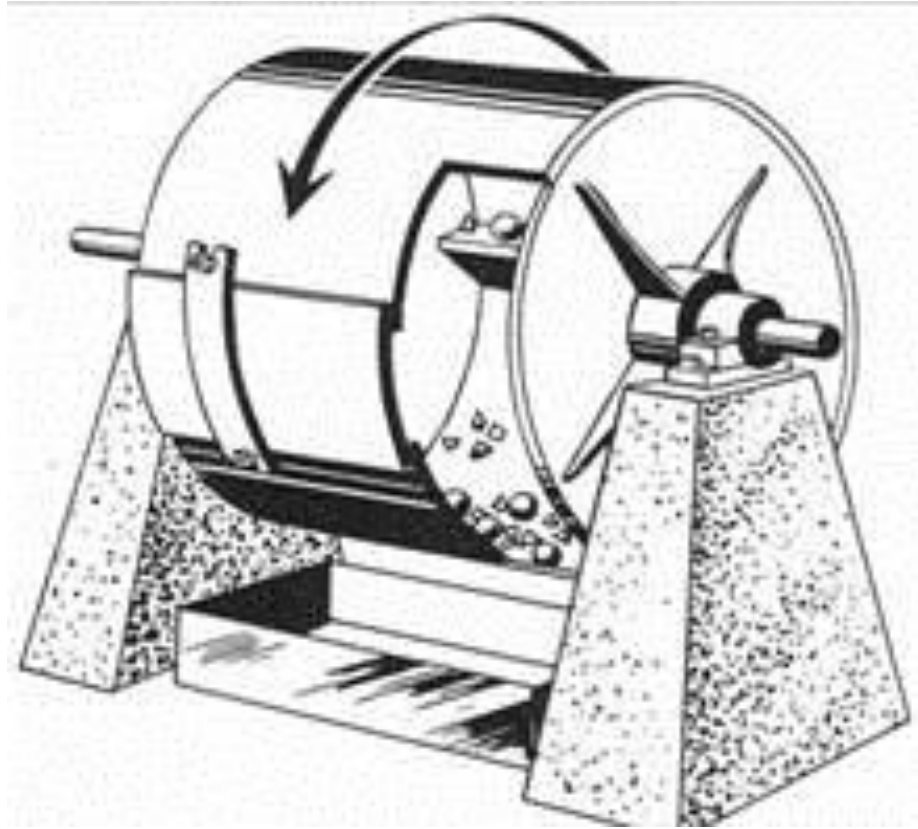


圖7 洛杉磯磨損試驗

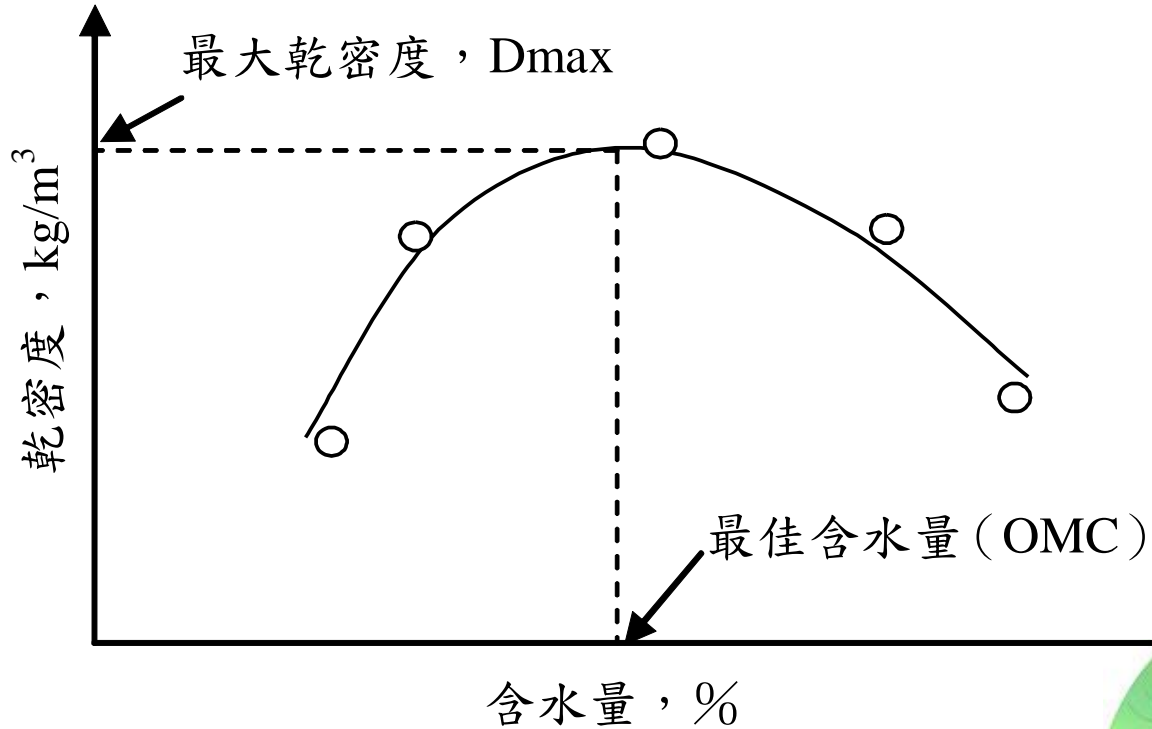


## 2.4.2 壓實度檢驗

- 1. 每一層每**1,000m<sup>2</sup>**依隨機抽樣方法檢驗一次。
- 2. 工地密度試驗以CNS 14733[以砂錐法測定土壤工地密度試驗法]辦理。
- 3. 檢驗結果應達依CNS 11777-1[土壤含水量與密度關係試驗法—**改良式夯實**試驗法]所求得最大乾密度（參見圖8）之**98%以上**。工地密度對最大乾密度之百分比（%）稱壓實度。
- 4. 如試驗結果未達規定壓實度時，應繼續滾壓、翻鬆灑水或翻曬後重新滾壓至合格為止。



# 圖8 土壤夯壓曲線





## 2.4.3 底層級配粒料表面平整度許可差

1. 完成後之底層頂面應具平順、緊密及均勻之表面。
2. 以3m長之直規沿平行於或垂直於道路中心線方向檢測，任何一點之**高低差均不得超過 $\pm 1.5\text{cm}$** 。
3. 不合格處應予整平壓實。



## 2.4.4 厚度許可差

- 1. 完成後之底層，由工程司隨機選取代表性地點鑽或挖洞檢測厚度。
- 2. 每1,000m<sup>2</sup>檢測一點。
- 3. 厚度檢測結果，應符合下列規定。
  - (1)任何一點之厚度不得比設計厚度少1cm以上。
  - (2)檢驗各點厚度之平均值不得小於設計厚度。
- 4. 厚度不合規定時，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。



### 三、透 層

瀝青透層係依設計圖、在級配粒料底層上**鋪設瀝青混凝土層前**撒佈液體瀝青稱為透層（prime coat），透層會滲透入相當深度，具粘結粒料、減少毛細水上升、緩和級配粒料底層與瀝青層間材料介面劇烈差異等作用。

**透層材料**可依工程圖說之規定採用油溶瀝青或乳化瀝青。瀝青透層之詳細規定請參見施工綱要規範第02745章「瀝青透層」。



# 透 層（油溶瀝青）

- 油溶瀝青（**cut-back asphalt**）係以瀝青溶解於汽油、煤油或柴油等石油溶劑製成，依加入溶劑之揮發性，分為
- 快凝（**RC**）、中凝（**MC**）及慢凝（**SC**）三種（參見圖9），溶劑揮發後會還原成瀝青。



# 乳化瀝青

- 乳化瀝青 (emulsified asphalt) 係以瀝青加溫磨成小顆粒狀，加入乳化劑與水強力混和，使瀝青小顆粒懸浮於水中，待水分蒸發後會還原成瀝青。乳化瀝青依凝結速度
- 區分特快凝 (RS)、快凝 (MS) 及慢凝 (SS)
- 依所帶電荷之不同，分陽離子及陰離子



# 油溶瀝青

- 透層用油溶瀝青常採用中凝油溶瀝青（medium curing cut-back asphalt），代號為**MC-70**。目前尚無油溶瀝青之國家標準（CNS），一般引用AASHTO M82（中凝油溶瀝青）規範。其使用溫度為**50°C以上**。（國內少用了）



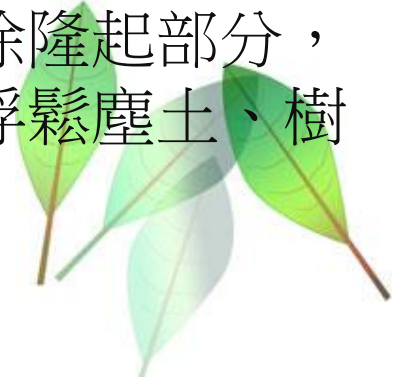
# 透層用乳化瀝青

- 目前一般使用SS-1h（陰離子慢凝）、CSS-1（陽離子慢凝）及CSS-1h（陽離子慢凝）
  - 其撒佈溫度為**24~55°C**。乳化瀝青品質應符合CNS 1304 [乳化瀝青]規定。



# 施工要點

- 1. 於撒佈瀝青透層前，附近構造物，諸如橋梁、涵洞、緣石、欄杆及護欄等，以及樹木均應預予適當之遮蓋，以防被瀝青材料濺污。
- 2. 撒佈瀝青前，底層應含有適當水份以利瀝青材料之均勻擴散。如過份乾燥應稍微灑水，使其略呈濕潤，惟其表面不得有多餘之水份。
- 3. 瀝青透層應於天晴風和時施工，**霧天、雨天或施工地點之氣溫低於10°C時不得施工**。
- 4. 在撒佈透層前，如底層表面有凹凸不平之處，應先將浮鬆及不良材料移除後，以適當材料修補平整或刮除隆起部分，並予滾壓堅實。然後以清掃機或竹掃帚將表面浮鬆塵土、樹葉或其他雜物清除乾淨。





# 機具

- 撒佈機應用瀝青撒佈車（圖10）或手握瀝青撒佈器（圖11），
- **不可用水瓢澆灑**，因其難控制用量、不均勻、且缺壓力無法灌入底層粒料間空隙。



圖10 瀝青撒佈車

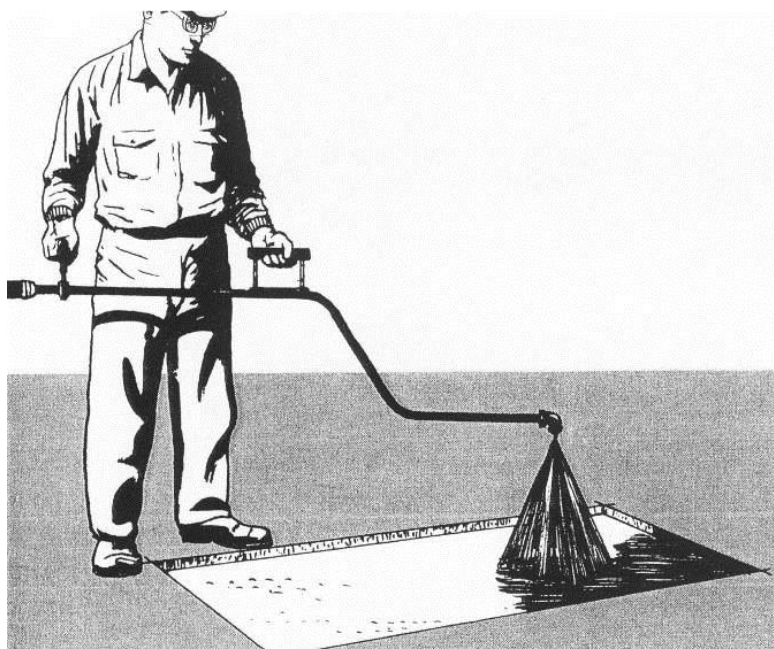
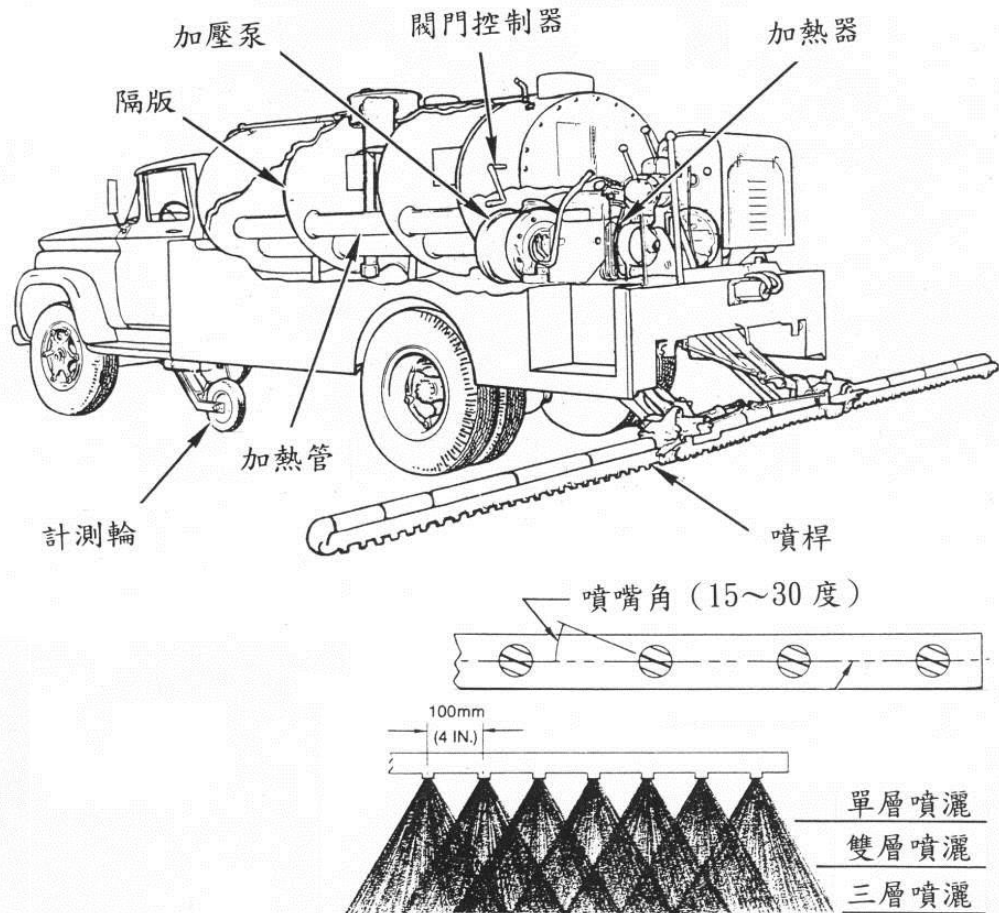


圖11 手握瀝青撒佈器

# 瀝青撒佈

## • 2. 瀝青材料之用量

- (1) 中凝油溶瀝青為 $0.9\sim 2.3\text{L}/\text{m}^2$ 。註：國內工程一般使用量約 $0.9\sim 1.4\text{L}/\text{m}^2$ )
- (2) 以比例為1：1水稀釋後之SS-1h、CSS-1及CSS-1h為 $0.3\sim 0.9\text{L}/\text{m}^2$ 。
- 得視底層實際緊實情況，採一次或兩次撒佈，以防瀝青材料溢流路側。
- 3. 撒佈前，應先檢查泵是否靈活，油箱是否不漏及與加熱爐完全隔離等。
- 4. 透層撒佈後，至少在24小時內，應嚴禁車輛及人畜通行，使瀝青材料能充分透入固結。必要時，得由工程司視實際情形酌予延長之。



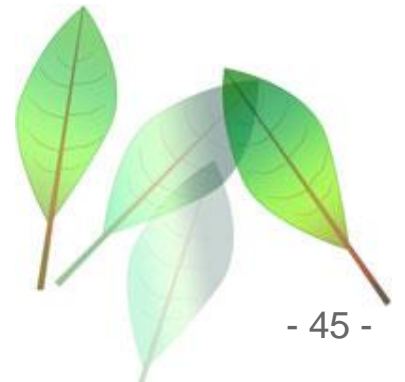
## 3.3.4 蓋砂

- 1. 如遇天雨，則應封鎖交通至天晴表面乾燥時為止。倘因情況特殊，急於通車時，或封鎖交通後於開放通車前仍有多餘之瀝青浮於表面時，應即加鋪砂料一薄層並予掃勻。其數量，以能吸收多餘之瀝青材料，以免黏著於車輪而被掀起為度。
- 2. 在繼續鋪築瀝青底層或面層之前，應將過量而鬆散之砂料掃除乾淨。



# 黏 層

瀝青黏層係瀝青處理底層（BTB）或密級配瀝青（DGAC）面層採用分層鋪築，其相隔時間較長，或在舊瀝青路面上加鋪瀝青層時，需先撒佈液體瀝青作為黏層（tack coat），**以增進兩層間之粘結力**。可用油溶瀝青或乳化瀝青。詳細規定請參見施工綱要規範第02747章「瀝青黏層」。

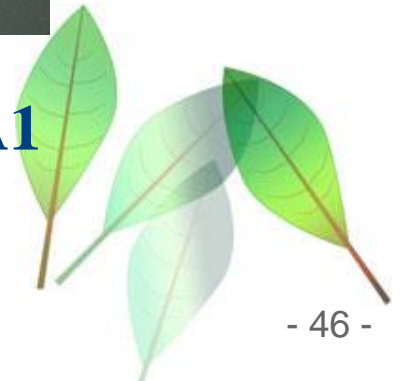
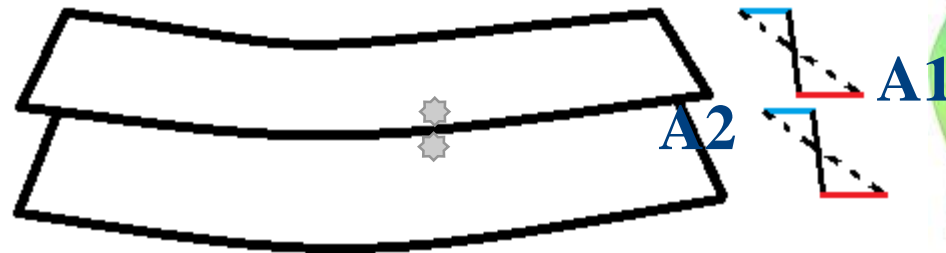
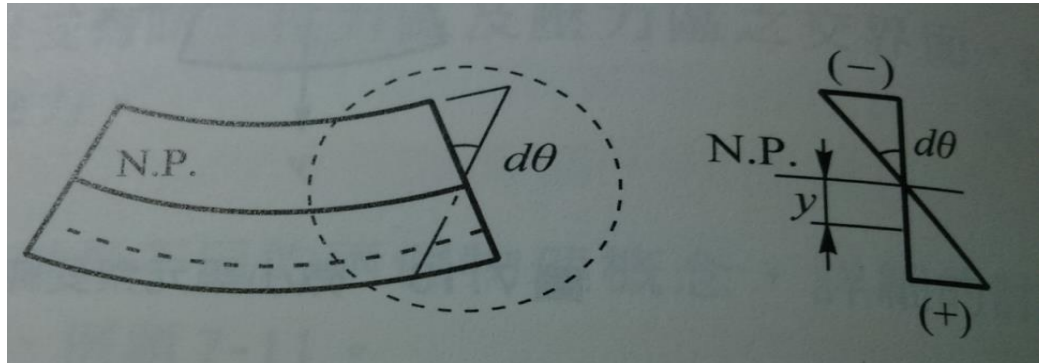


# 彎曲變形與應變分佈 $M/EI$

$M$  外力



$E$  彈性係數  $I = (1/12)bh^3$



## 4.2.1 油溶瀝青

- 常用RC-70快凝油溶瀝青（Rapid Curing cut-back asphalt），目前尚無油溶瀝青之CNS，一般引用AASHTO M81（快凝油溶瀝青）規範。**撒佈溫度為40~80°C。**





# 乳化瀝青

- 常用SS-1（陰離子慢凝）、CSS-1（陽離子慢凝），  
撒佈溫度為**24~55°C**。
- CRS-1（陽離子特快凝）撒佈溫度為**50~85°C**。
- 可加水稀釋使用，品質應符合CNS 1304[乳化瀝青]規定。



# 乳化瀝青

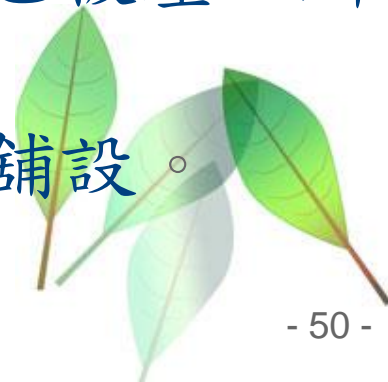
- 乳化瀝青 (emulsified asphalt) 係以瀝青加溫磨成小顆粒狀，加入乳化劑與水強力混和，使瀝青小顆粒懸浮於水中，待水分蒸發後會還原成瀝青。乳化瀝青依凝結速度
- 區分特快凝 (RS)、快凝 (MS) 及慢凝 (SS)
- 依所帶電荷之不同，分陽離子及陰離子



# 黏層---第02747章

## 注意事項

- (1) 瀝青黏層應於天晴風和及瀝青底層或原有路面充分乾燥時施工。
- (2) 霧天、雨天或施工地點之氣溫低於 $10^{\circ}\text{C}$ 不得施工。
- (3) 黏層之施工時間必須恰當，不宜過早，以免於鋪設瀝青混凝土面層時，黏層已被塵土所掩蓋而失其黏性。
- (4) 瀝青混凝土面層應於黏層乾固後鋪設。







## 五、瀝青混凝土底層及面層

- 瀝青混凝土（Asphalt Concrete，簡稱AC，國外常稱為Hot Mix Asphalt，簡稱HMA）係將加熱之粗粒料、細粒料、瀝青及乾燥之礦物填縫料，按配合設計所定配合比例拌和均勻而成。
- 分一層或數層鋪築於已整理完成之級配粒料底層或經整修後之原有面層上，滾壓至規定壓實度。



# 良好的瀝青路面應具以下品質特性

- **1. 穩定性 (Stability)**：有足夠之強度，以承受交通荷重，抵抗變形
- **2. 柔性 (Flexibility)**：係指路面受荷重時，底層雖發生變形或撓度，但不龜裂，而能恢復之性質。
- **3. 耐久性 (Durability)**：抵抗交通荷重及氣候影響之下所產生之粒料鬆散及剝脫等現象。
- **4. 抗疲勞性 (Fatigue Resistance)**：可承受重複輪重所引起之彎曲作用而不龜裂。
- **5. 抗滑性 (Skid Resistance)**：抵抗車輪剎車滑動之能力。
- **6. 工作性 (Workability)**：瀝青拌合料具相當流動性，使易於鋪築和滾壓。
- **7. 密緻性 (Impermeability)**：防止空氣與水份滲入之能力。



# 瀝青混凝土

- 瀝青混凝土底層與瀝青混凝土面層除用料規格、級配要求有部分不同外，其施工方法並無大差異。瀝青混凝土底層通常使用粒徑較大之粗粒料，且瀝青量較低，亦稱為瀝青處理底層（BTB）或粗級配瀝青混凝土底層。
- 詳細規定請參見施工網要規範第02741章「瀝青混凝土之一般要求」及第02742章「瀝青混凝土鋪面」。



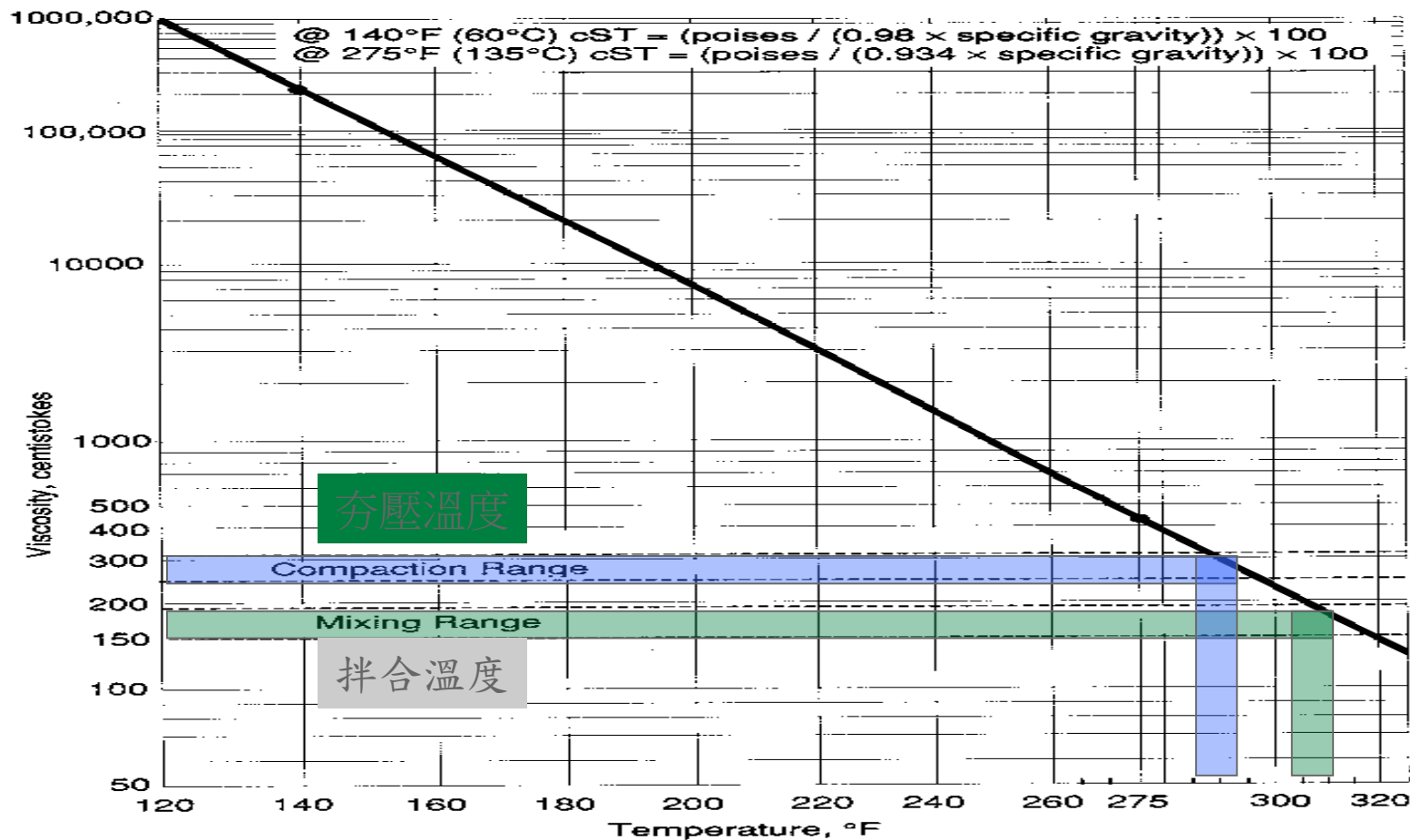


# 瀝青分類

- 國內採用**針入度**分類或**粘度**分類，
- 瀝青依其軟硬程度分成數級，稱為針入度分類。
- 瀝青依其黏滯度程度分成數級，稱為黏度分類。
- **粘度分類又分AC及AR兩種方式**



# 以瀝青黏度決定 拌合、夯(滾)壓溫度



# 針入度級鋪路石油瀝青性質要求 ASTM D946-82



|                                | 40-50 |     | 60-70 |     | 85-100 |     | 120-150 |     | 200-300 |     |
|--------------------------------|-------|-----|-------|-----|--------|-----|---------|-----|---------|-----|
|                                | 下限    | 上限  | 下限    | 上限  | 下限     | 上限  | 下限      | 上限  | 下限      | 上限  |
| 針入度25°C 100g, 5sec             | 40    | 50  | 60    | 70  | 85     | 100 | 120     | 150 | 200     | 300 |
| 閃火點°F (COC)                    | 450   | --- | 450   | --- | 450    | --- | 425     | --- | 350     | --- |
| 延展性25°C 5cm/min, cm            | 100   | --- | 100   | --- | 100    | --- | 100     | --- | 100*    | --- |
| 三氯乙烯溶溶解度%                      | 99.0  | --- | 99.0  | --- | 99.0   | --- | 99.0    | --- | 99.0    | --- |
| TFO試驗後<br>殘餘針入度%               | 55+   | --- | 52+   | --- | 47+    | --- | 42+     | --- | 37+     | --- |
| TFO試驗後<br>延展性25°C, 5cm/min, cm | ---   | --- | 50    | --- | 75     | --- | 100     | --- | 100*    | --- |

\*假使25°C延展性低於100cm，而15.5°C時在5cm/min展速下延展性達100cm亦可接受。

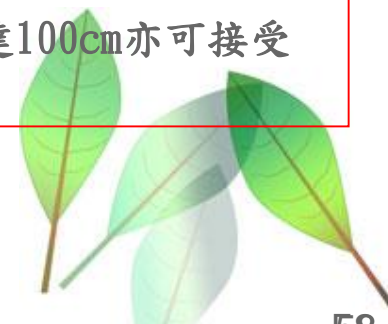


# 黏度等級鋪路石油瀝青性質要求：依原石油瀝青分級 ASTM D3381-83表-1



| 原石油瀝青                | AC-2.5 | AC-5    | AC-10    | AC-20    | AC-40    |
|----------------------|--------|---------|----------|----------|----------|
| 黏度, 60°C Poise       | 250±50 | 500±100 | 1000±200 | 2000±400 | 4000±800 |
| 黏度, 135°C Cst min    | 80     | 110     | 150      | 210      | 300      |
| 針入度 25°C 100g, 5sec  | 200+   | 120+    | 70+      | 40+      | 20+      |
| 閃火點°F (COC)          | 325+   | 350+    | 425+     | 450+     | 450+     |
| 三氯乙烯溶解度%             | 99.0+  | 99.0+   | 99.0+    | 99.0+    | 99.0+    |
| TF0試驗後               |        |         |          |          |          |
| 石油瀝青黏度 60°C, Poise   | 1250-  | 2500-   | 5000-    | 10000-   | 20000-   |
| 延展性 25°C 5cm/min, cm | 100+*  | 100+    | 50+      | 20+      | 10+      |

\*假使25°C延展性低於100cm，而15.5°C時再5cm/min展速下延展性達100cm亦可接受。

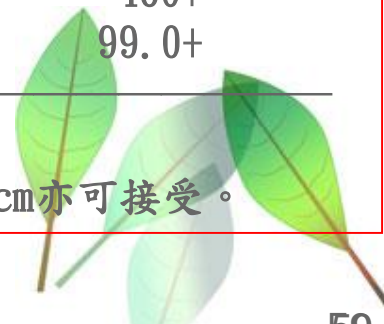


# 黏度等級鋪路石油瀝青性質要求：依RTFO試驗 後石油瀝青分級ASTM D3381-83表-3

| RTFO試驗後石油瀝青*                | AR-1000  | AR-2000  | AR-4000   | <u>AR-8000</u> | AR-16000   |
|-----------------------------|----------|----------|-----------|----------------|------------|
| 黏度, 60°C Poise              | 1000±250 | 2000±500 | 4000±1000 | 8000±2000      | 16000±4000 |
| 黏度, 135°C Cst min           | 140      | 200      | 275       | 400            | 550        |
| 針入度25°C 100g, 5sec          | 65+      | 40+      | 25+       | 20+            | 20+        |
| 原石油瀝青針入<br>度百分比 % 25°C, min | ---      | 40       | 45        | 50             | 52         |
| 延展性25°C 5cm/min, cm         | 100+**   | 100+**   | 75+       | 75+            | 75+        |
| 閃火點°F (COC)                 | 400+     | 425+     | 440+      | 450+           | 460+       |
| 三氯乙烯溶解度%                    | 99.0+    | 99.0+    | 99.0+     | 99.0+          | 99.0+      |

\*可使用TF0試驗，但RTFO試驗是仲裁方法。

\*\*假使25°C延展性低於100cm，而15.5°C時再5cm/min展速下延展性達100cm亦可接受。



## 對選擇鋪路石油瀝青等級的建議，

引用自NCHRP 195

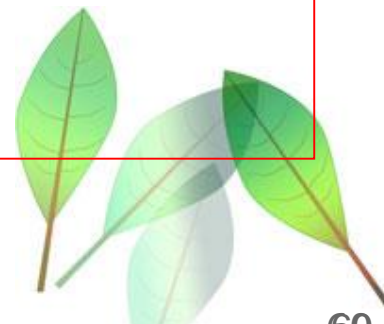
| 瀝青混凝土厚度(In.) | 氣候  | 石油瀝青等級  |       | 西部各州&    |
|--------------|-----|---------|-------|----------|
| 3            | 冷*  | 200-300 | AC-5  | AR-1000  |
|              | 中等# | 85-100  | AC-10 | AR-4000  |
|              | 熱@  | 85-100  | AC-10 | AR-4000  |
| 4-6          | 冷   | 120-150 | AC-5  | AR-2000  |
|              | 中等  | 60-70   | AC-20 | AR-4000  |
|              | 熱   | 60-70   | AC-20 | AR-8000  |
| >7           | 冷   | 120-150 | AC-5  | AR-2000  |
|              | 中等  | 60-70   | AC-20 | AR-8000  |
|              | 熱   | 40-50   | AC-40 | AR-16000 |

\* 正常最低日溫10°F更低，對於極端低溫者需進行特殊研究

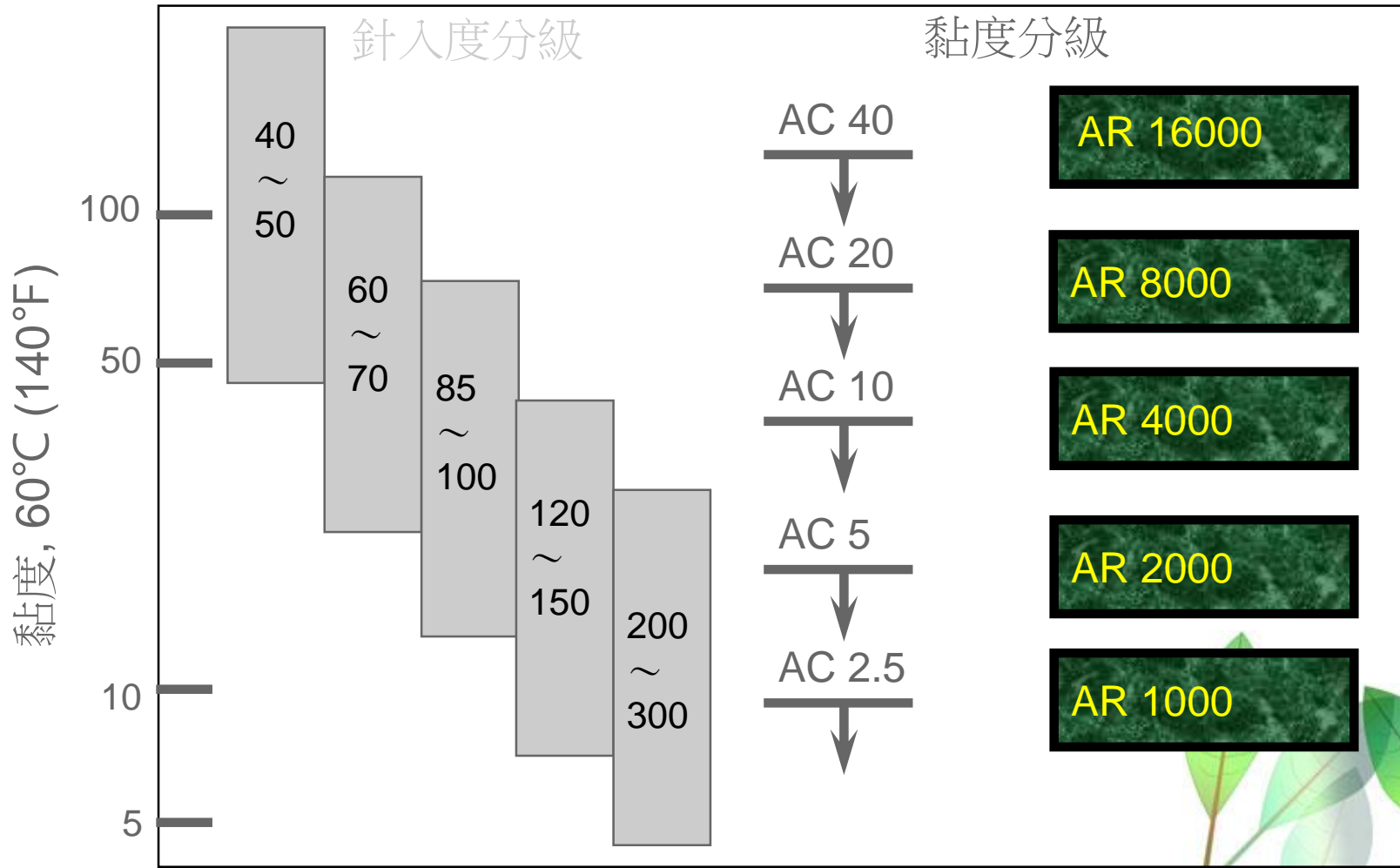
# 正常最高日溫90°F或更低

@ 正常最高日溫大於90°F

& 1972年10月於Western Construction 提出者



# 針入度Vs. 黏度比較





# SHRP

- 美國道路工程界自1988年開始推動一含蓋道路工程各個層面技術及其相關性的大研究(SHRP)，且於1994年提出以**路面成效(Performance)**為導向的材料規範
- 直接以**石油瀝青抵抗路面缺陷的能力為規範值**，而為使道路工程師或設計人員有效選定石油瀝青等級，直接將各地的**最高與最低路面溫度**加入規範，成為以路面溫度為變數或規範等級的成效規範



# 成效規範應用法：以台灣為例說明

●七天平均最高空氣溫度：36°C  
緯度：北迴歸線23.5度  
則平均路面最高溫度值為58.74°C  
選用PG64等級瀝青

●若七天平均最高空氣溫度偏差2°C  
即七天平均最高空氣溫度達38°C  
平均路面最高溫度值為60.65°C  
仍然選用PG64等級瀝青

●平地最低空氣溫度；5°C  
路面最低溫度值為5.995°C  
最低溫度規範值為-10°C  
選用的等級應為PG64-10

●**車速**較低路段，提高一等級，PG70-10級  
當**重交通量**ESAL介於 $10^7$ 至 $3*10^7$ 時，提高一  
等級，按車速快慢用PG70-10與PG76-10級  
ESAL高於 $3*10^7$ 次時，又提高一等級  
即按車速快慢改用PG76-10與PG82-10級

PG64為1600+/3520+Poise，  
PG70為3200+/7040+Poise，  
PG76為6400+/14080+Poise，  
PG82為12800+/28160+Poise，

相當於AC20+/AR4000+  
相當於AC40+/AR8000+  
相當於AC80+/AR16000+  
相當於AC160+/AR32000+



# 瀝青膠泥

- **(AI MS-1)**建議之路面用瀝青參考表（台灣之年平均氣溫約**21~23°C**，為溫暖帶之上限）。我國以往常採用85/100針入度或AC-10瀝青膠泥，**目前高速公路及中低海拔省道已改用AC-20瀝青膠泥。(改質瀝青)**
- 在60°C時，AC-10瀝青膠泥之粘度為1,000 poises，AC-20瀝青膠泥則為2,000 poises。





# 黏度儀Brookfield示



黏度儀本體

加溫設備

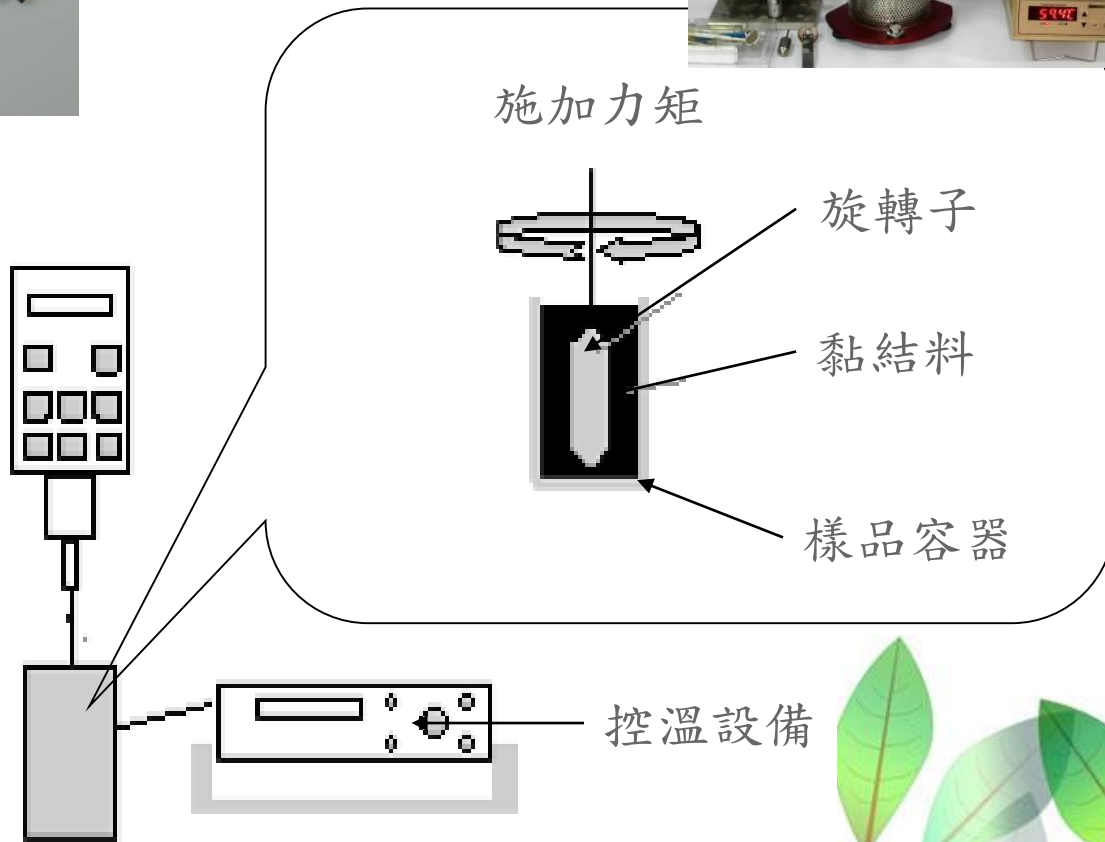


圖13 旋轉式瀝青粘度試驗



# 單位換算



## ■ 絕對黏度

$$\begin{aligned} \blacksquare 1 \text{ poise} &= 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 0.1 \text{ N/m}^2 \cdot \text{s} \\ &= 1 \text{ dyne} \cdot \text{s/cm}^2 = 100 \text{ centipoise (cP)} \end{aligned}$$

## ■ 動黏度

$$\blacksquare 1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$\blacksquare 1 \text{ stoke} = 100 \text{ cSt}$$

## ■ 135°C 瀝青密度：0.934 g/cm<sup>3</sup>

國際單位(SI): 帕斯卡-秒(Pa-s)

公制單位(cgs): 泊(poise)

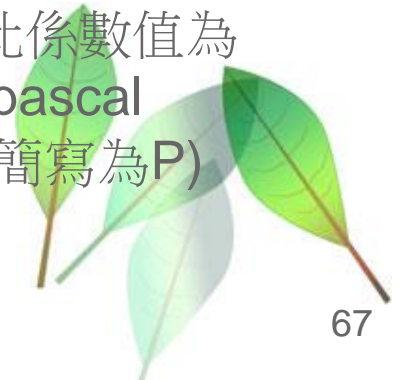


# 瀝青 - 布魯克熱力黏度試驗

結果與討論：

| 試驗次數 | 轉子型號 | 試驗溫度(°C) | 轉速(rpm) | 扭矩(%) | 黏度(cp) |
|------|------|----------|---------|-------|--------|
| 1    |      | 60       | 1.0     |       |        |
| 2    |      |          | 1.2     |       |        |
| 3    |      |          | 2.0     |       |        |
| 4    |      |          | 3.0     |       |        |
| 5    |      |          | 5.0     |       |        |
| 6    |      |          | 10      |       |        |
| 7    |      |          | 15      |       |        |

黏度：流體受剪時，所施剪應力對其產生剪應變率的比值，稱為黏滯度係數(Coefficient of Viscosity)，簡稱黏度，此係數值為流體流動難易程度的量測值；黏度的國際標準單位為pascal second (Pa·s)，C.G.S.制單位為poise (dyne·s/cm<sup>2</sup>，簡寫為P)，1 P=0.1 Pa·s。

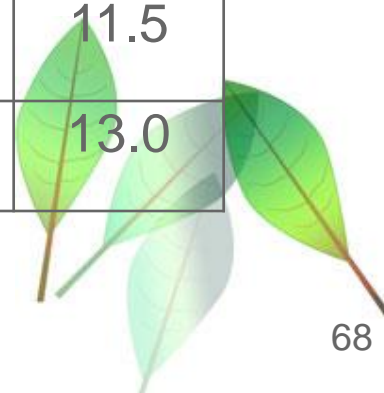


# 瀝青 - 布魯克熱力黏度試驗

試驗步驟：

表、HB系列布魯克黏度儀之施測黏度範圍與使用樣品量

| 轉子<br>型號 | 施測黏度範圍<br>poise, P (0.1Pa·s) |                      |            | 樣品量<br>(ml) |
|----------|------------------------------|----------------------|------------|-------------|
|          | HBT                          | HBDV-II <sup>+</sup> | HBDV-III   |             |
| SC4-21   | 4-8,000                      | 4-13,000             | 1.6-40,000 | 8.0         |
| SC4-27   | 20-40,000                    | 20-67,000            | 8-200,000  | 10.5        |
| SC4-28   | 40-80,000                    | 40-133,000           | 16-400,000 | 11.5        |
| SC4-29   | 80-160,000                   | 80-267,000           | 32-800,000 | 13.0        |





# 瀝青膠泥

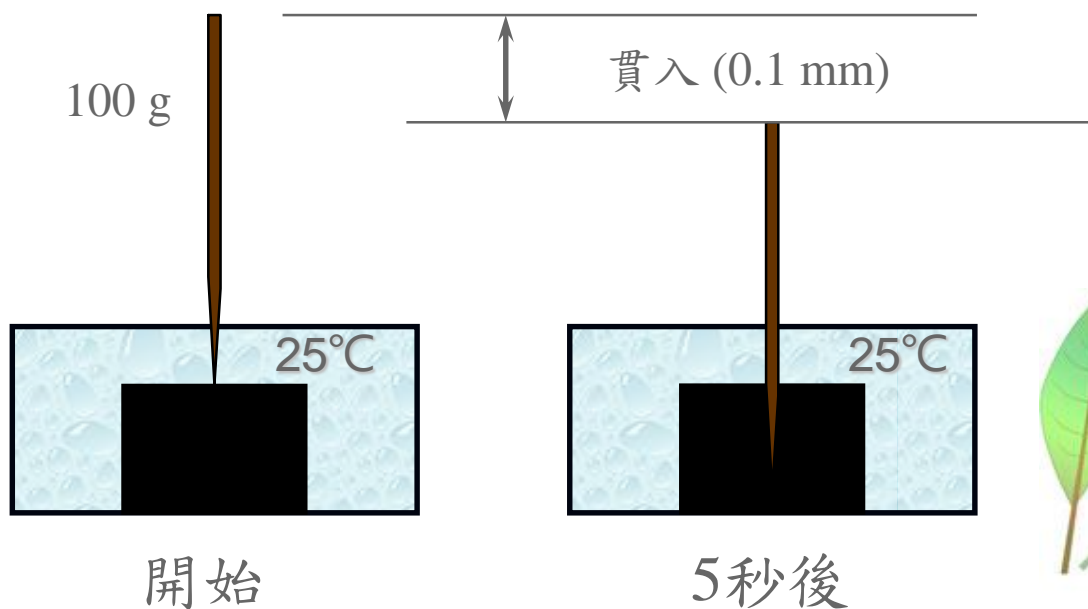
- 有部分特殊工程採用改質瀝青（瀝青材料中添加**橡膠、聚合物**等，改善瀝青之感溫性及提高強度，如CNS 14184-聚合物改質柏油）。



# 瀝青針入度試驗

## • 試驗目的

- 測定瀝青的軟硬程度，作為判斷新瀝青之等級或回收瀝青之老化程度。
- 針入度值較小表示材質較硬，大則表示較軟針入度85(單位0.1mm)表示貫入8.5mm。
- 瀝青在加熱拌合過程會老化變硬、鋪於路面後，在路面繼續使用期間，會因氧化作用造成硬化(老化)現象。



# 標準試驗

- 瀝青針入度試驗係以25°C瀝青樣品，量測用標準試驗針以100g總質量貫入5秒鐘之深度（0.1mm）（圖12）



圖12 瀝青針入度試驗



# 表3 瀝青等級選用參考表

| 氣溫條件  | 適用瀝青等級  |                               |
|---|---|-------------------------------|
|   | 使用上限  | 使用下限                          |
| 寒冷<br>(年平均氣溫 $\leq 7^{\circ}\text{C}$ )                     | AC-5<br>AR-2000<br>120/150針入度                     | AC-10<br>AR-4000<br>85/100針入度 |
| 溫暖<br>(年平均氣溫 $7 \sim 24^{\circ}\text{C}$ )                  | AC-10<br><b>AR-4000</b><br>85/100針入度              | AC-20<br>AR-8000<br>60/70針入度  |
| 炎熱<br>( <u>年平均氣溫 <math>\geq 24^{\circ}\text{C}</math></u> ) | <b>AC-20</b><br><b>AR-8000</b><br><b>60/70針入度</b> | AC-40<br>AR-16000<br>40/50針入度 |



# 粗粒料

- (1) 停留於**2.36mm (No. 8)** 篩上者為**粗粒料**，應為優良之石材等軋製之碎石，須潔淨、質地堅硬、緻密、耐磨及級配良好者。
- (2) 依破碎顆粒含量試驗 (CNS 15312)，粒料中至少應有**75%為碎石顆粒**，且依扁平、細長或扁長顆粒含量試驗 (CNS 15171)，粒料中扁平或狹長之顆粒（寬度與厚度之比或長度與寬度之比大於3者）不得超過**10%**。
- (3) 粗粒料依洛杉磯磨損試驗 (CNS 490) 500轉後之磨損率，用於磨擦層者不得大於**35%**，用於面層者不得大於**40%**，用於底層、聯結層及整平層者不得大於**50%**。
- (4) 經5次循環之**硫酸鈉健度**試驗 (CNS 1167)，其重量損失不得大於**12%**。
- (5) 粗粒料應依尺度大小分別堆放，並應避免互相混雜，俾能正確按規定比例混合，其混合程序應在冷料供應系統上完成。

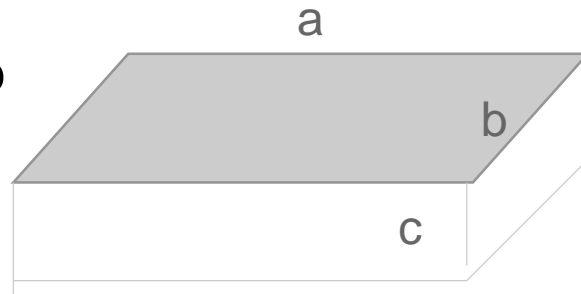


# 扁平比

1. 定義 $a/b$ 或 $b/c$

2. - 般 $<10\%$

PAC $<8\%$



# 細粒料

- (1) 通過2.36mm (No. 8) 篩者為細粒料，包括石屑、天然砂或兩者之混合物。
- (2) 細粒料經5次循環之硫酸鈉健度試驗 (CNS 1167)，其重量損失不得大於15%。
- (3) 依含砂當量試驗(CNS 15346)，其含砂當量不得低於50%。
- (4) 如需用二種以上不同來源之細粒料時，應分別堆放，其混合程序應在冷料供應系統上完成。





# 礦物填縫料

- 1. 粗、細粒料經混合結果缺少通過0.075mm (No. 200) 篩材料時需使用礦物填縫料，瀝青混凝土加入礦物填縫料，可提高瀝青軟化點、增進穩定性、減少空隙率。
- 2. 礦物填縫料可用完全乾燥之石灰、石粉末或水泥；或其他經工程司認可之塑性指數 (PI) 小於4之無機物粉末，其級配應符合表4之規定。



# 表4 礦物填縫料級配表

| 試驗篩mm ( in. )  | 過篩重量百分率 (%) |
|----------------|-------------|
| 1.18 (No.16)   | 100         |
| 0.60 (No.30)   | 97~100      |
| 0.30 (No.50)   | 95~100      |
| 0.075 (No.200) | 70~100      |



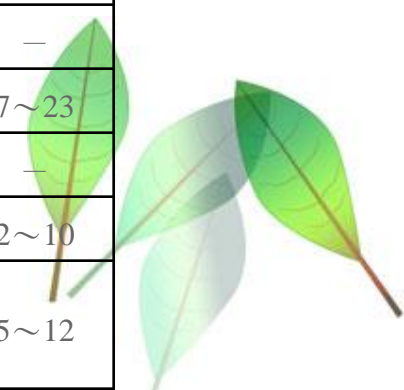
# 防剝劑

- 某些粒料與瀝青之**親合度**較低，其所產之瀝青混凝土在泡水後容易發生剝離，此時可添加防剝劑。**以石灰**與粒料拌和，亦具防剝效果。



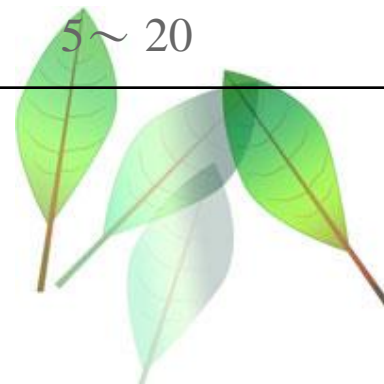
# 表5 密級配瀝青混凝土之粒料級配及瀝青含量

| 試驗篩mm ( in. )       | 過篩質量百分率 (%)           |                   |                                   |                     |                    |
|---------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
|                     | 37.5mm<br>( 1-1/2in ) | 25.0mm<br>( 1in ) | <b>19.0mm</b><br><b>( 3/4in )</b> | 12.5mm<br>( 1/2in ) | 9.5mm<br>( 3/8in ) |
| 50.0 ( 2 )          | 100                   |                   |                                   |                     |                    |
| 37.5 ( 1-1/2 )      | 90~100                | 100               |                                   |                     |                    |
| 25.0 ( 1 )          | —                     | 90~100            | <b>100</b>                        |                     |                    |
| 19.0 ( 3/4 )        | 56~80                 | —                 | <b>90~100</b>                     | 100                 |                    |
| 12.5 ( 1/2 )        | —                     | 56~80             | —                                 | 90~100              | 100                |
| 9.5 ( 3/8 )         | —                     | —                 | <b>56~80</b>                      | —                   | 90~100             |
| 4.75 ( No. 4 )      | 23~53                 | 29~59             | <b>35~65</b>                      | 44~74               | 55~85              |
| 2.36 ( No. 8 )      | 15~41                 | 19~45             | <b>23~49</b>                      | 28~58               | 32~67              |
| 1.18 ( No. 16 )     | —                     | —                 | —                                 | —                   | —                  |
| 0.60 ( No. 30 )     | —                     | —                 | —                                 | —                   | —                  |
| 0.30 ( No. 50 )     | 4~16                  | 5~17              | <b>5~19</b>                       | 5~21                | 7~23               |
| 0.15 ( No.100 )     | —                     | —                 | —                                 | —                   | —                  |
| 0.075 ( No.200 )    | 0~6                   | 1~7               | <b>2~8</b>                        | 2~10                | 2~10               |
| 瀝青含量，% (對瀝青混合料之總質量) | 3~8                   | 3~9               | 4~10                              | 4~11                | 5~12               |



# 表6 底層粗級配瀝青混凝土粒料級配表

| 試驗篩mm ( in. )    | 過篩質量百分率 ( % )    |                    |
|------------------|------------------|--------------------|
|                  | 25.0mm ( 1 in. ) | 19.0mm ( 3/4 in. ) |
| 37.5 ( 1 1/2 )   | 100              |                    |
| 25.0 ( 1 )       | 85~100           | 100                |
| 19.0 ( 3/4 )     | 70~ 85           | 80~100             |
| 4.75 ( No. 4 )   | 30~ 50           | 50~ 80             |
| 0.60 ( No. 30 )  | 12~ 25           | 20~ 60             |
| 0.075 ( No.200 ) | 2~ 8             | 5~ 20              |



# 馬歇爾配比設計法設計準則 (重級交通)

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 試體每面各夯打次數           | 75    |
| 穩定值，kgf，最小          | 817   |
| 流度，0.25mm (0.01in)  | 8~14  |
| 空隙率，%               | 3~5   |
| 粒料間空隙率 (V.M.A) %，最小 | 見表8   |
| 瀝青填充率 (V.F.A) %     | 65~75 |



# 馬歇爾法建議最佳含油量的決定 依據

- 繪製圖線
  - 瀝青含量與穩定值曲線
  - 瀝青含量與流度值曲線
  - 瀝青含量與單位重曲線
  - 瀝青含量與孔隙率曲線
  - 瀝青含量與夯壓後粒料間孔隙率(V. M. A)曲線
  - 瀝青含量與夯壓後被吸附瀝青與粒料間孔隙率(V. F. A)曲線
- 該含油量下各項混凝土性質是否符合規定





# 含油量決定：

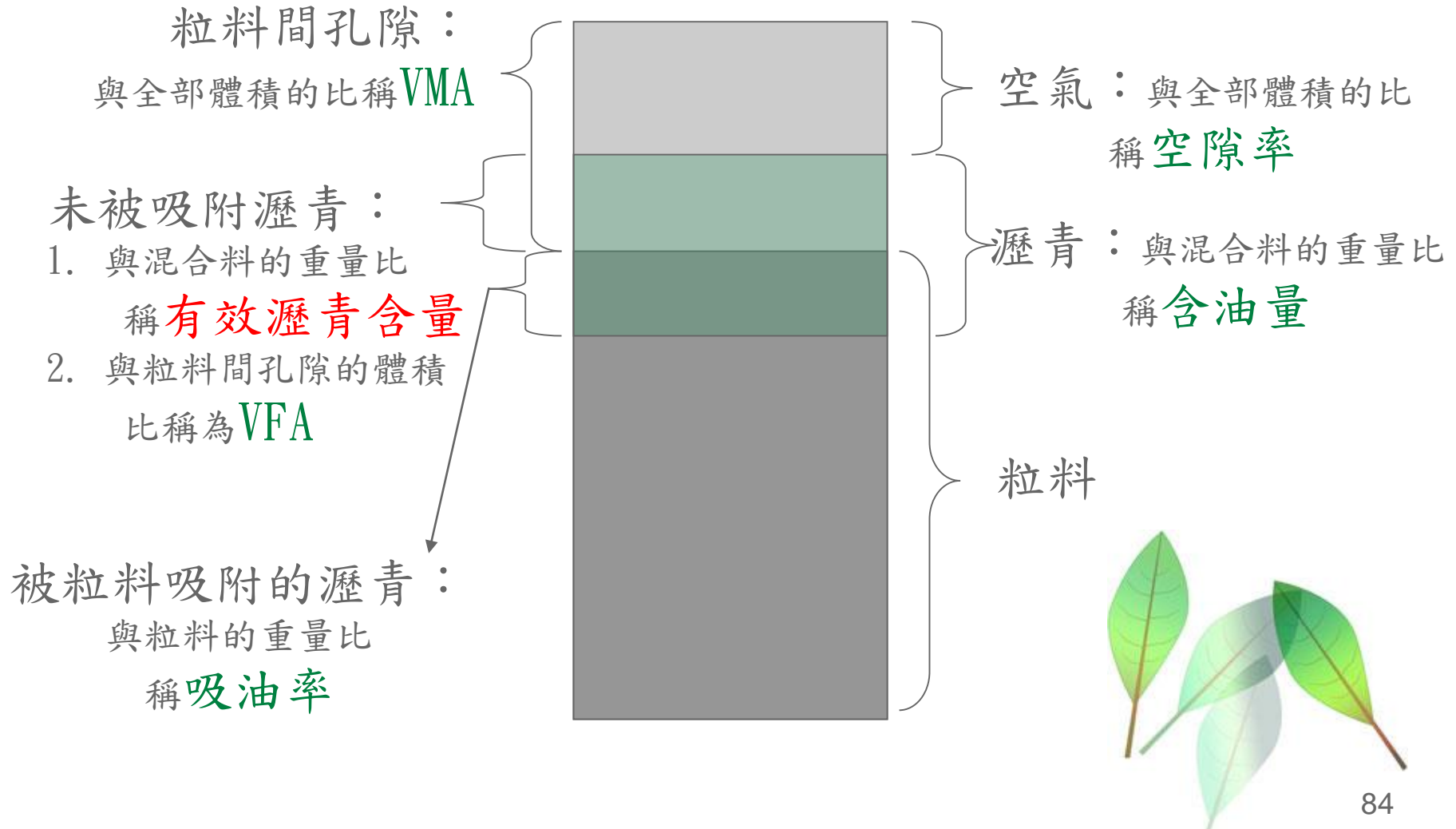
先選孔隙率4 %時的最佳含油量再由最佳含油量去查證VMA、VFA、流度值、穩定值是否符合規範。

**此即為最佳含油量。**

- 空隙率偏低穩定值偏低：  
粒料、級配調整、含油量調整
- 空隙率偏低穩定值尚可：  
粒料、級配調整、含油量調整
- 空隙率偏高穩定值適宜：  
增加填充料、調整級配曲線
- 空隙率適宜穩定值偏低：  
**更換粒料**
- 空隙率偏高穩定值偏低：  
調整級配曲線改用品質較好粒料



# 瀝青混凝土的組成

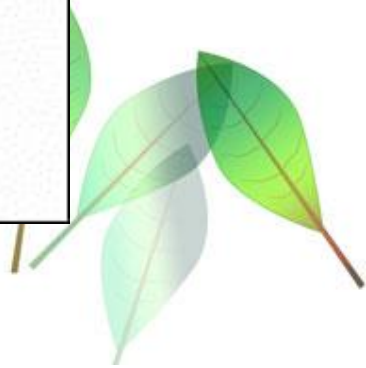
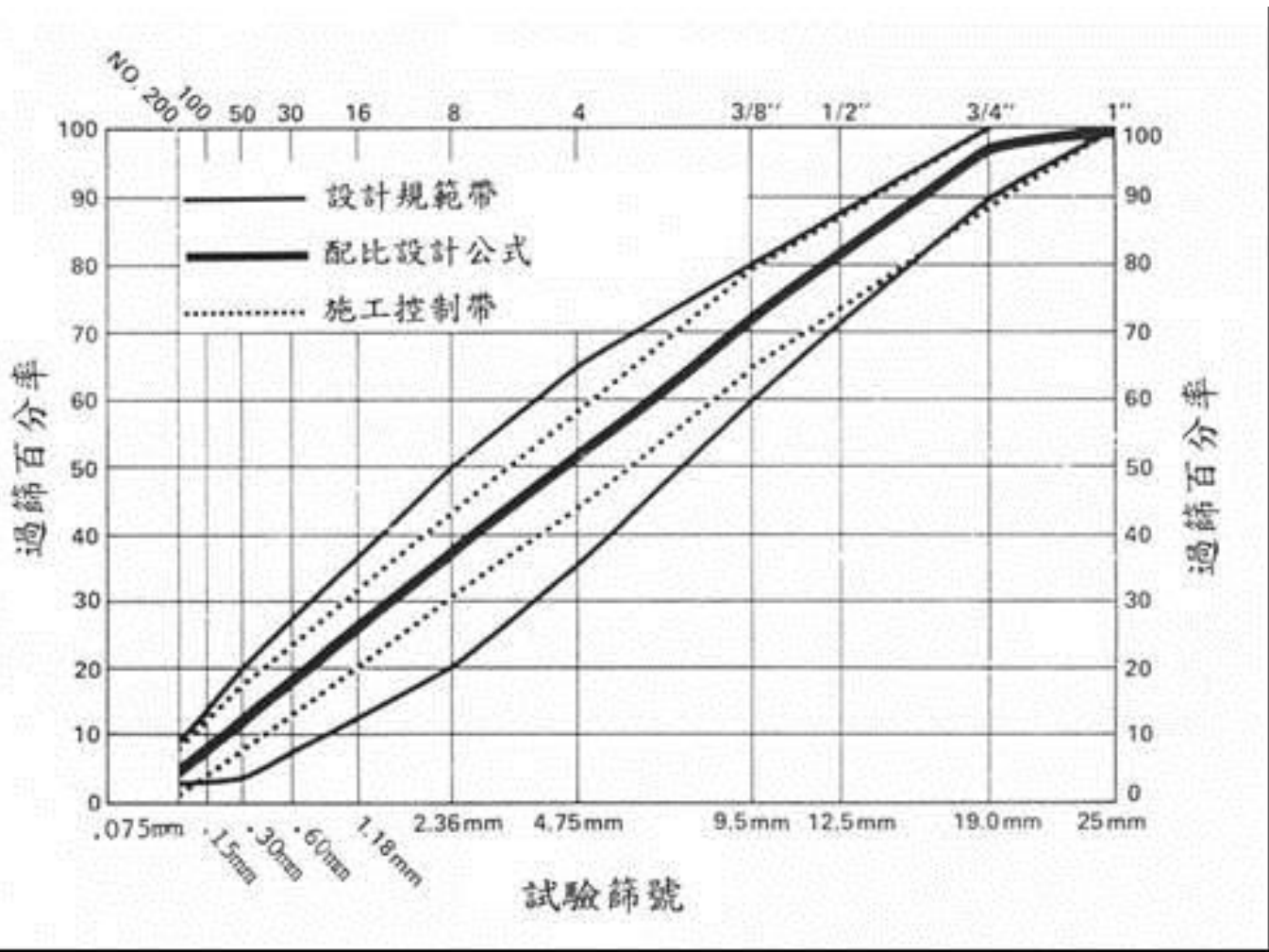


# 表8 VMA之最低要求

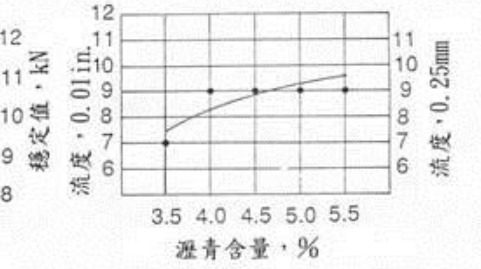
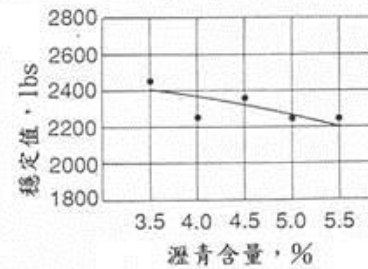
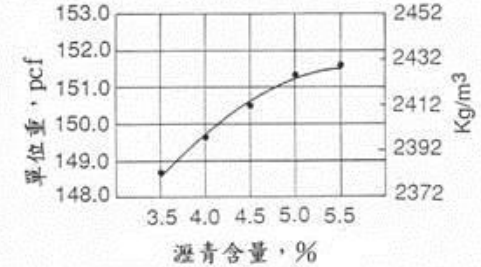
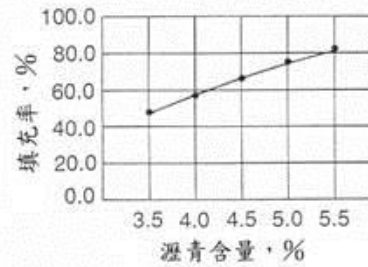
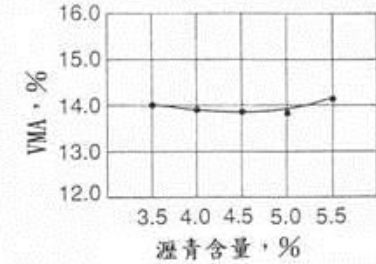
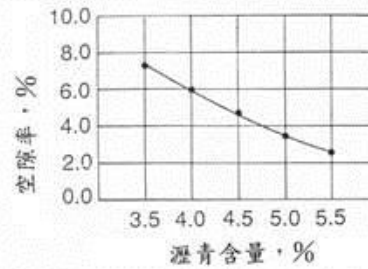
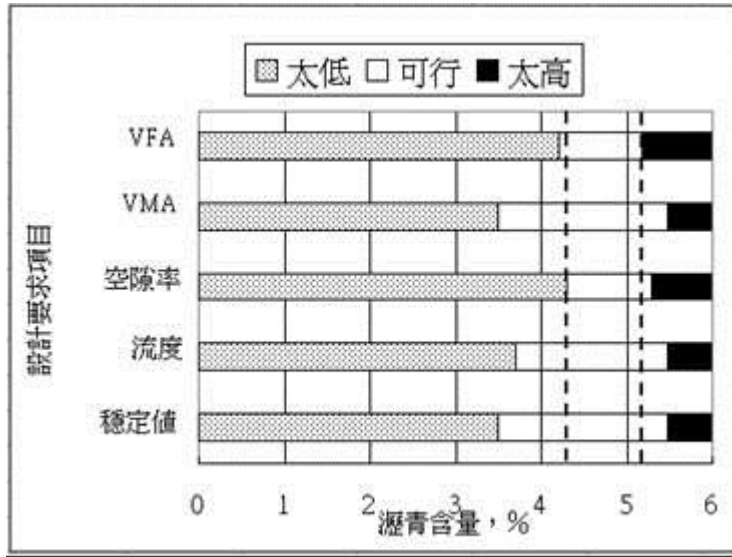
| 標稱最大粒徑      |     | 設計空隙率 (%) |             |      |
|-------------|-----|-----------|-------------|------|
| mm          | in. | 3.0       | 4.0         | 5.0  |
| 9.5         | 3/8 | 14.0      | 15.0        | 16.0 |
| 12.5        | 1/2 | 13.0      | 14.0        | 15.0 |
| <b>19.0</b> | 3/4 | 12.0      | <b>13.0</b> | 14.0 |
| 25.0        | 1.0 | 11.0      | 12.0        | 13.0 |



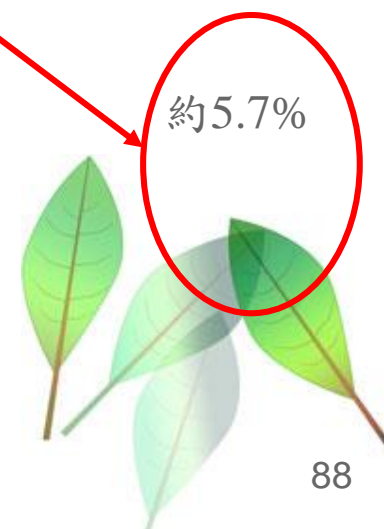
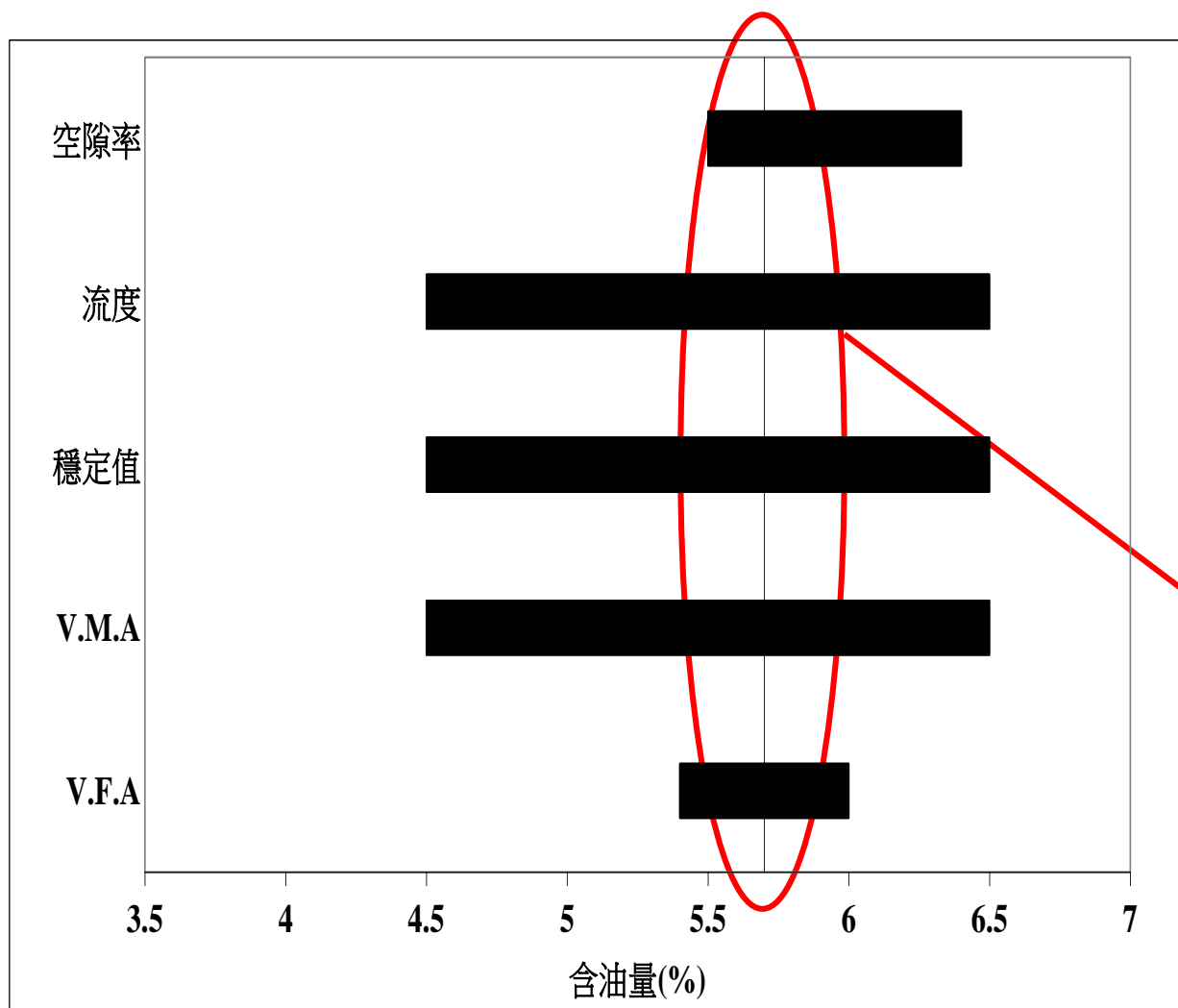
# 圖14 粒料級配規範、設計值及許可差



# 圖17 馬歇爾試驗曲線



# 建議最佳含油料



## 5.3 施工要點

- 5.3.1 施工氣候
- 1. 瀝青混凝土應於晴天及施工地點之氣溫在**10°C以上**，且底層、基層、路基或原有路面乾燥無積水現象時，方可鋪築。
- 2. **霧天及雨天不得施工。**





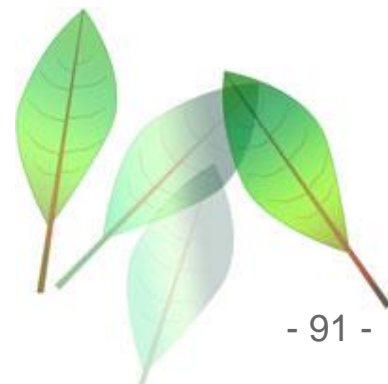
## 5.3.2 鋪築路段之整理與清掃

- 1. 鋪築瀝青混凝土路面之路段，在**施工前**應予以整修，使其符合設計圖說所示之**線形、坡度及橫斷面**。
- 2. 如有坑洞或凹陷不平之處，應先填補整修滾壓堅實。
- 3. 上列各項工作完成後，應以清掃機或竹掃帚將表面浮鬆塵土及其他雜物清掃潔淨，清掃寬度至少應較路面鋪築寬度每邊各多30cm。

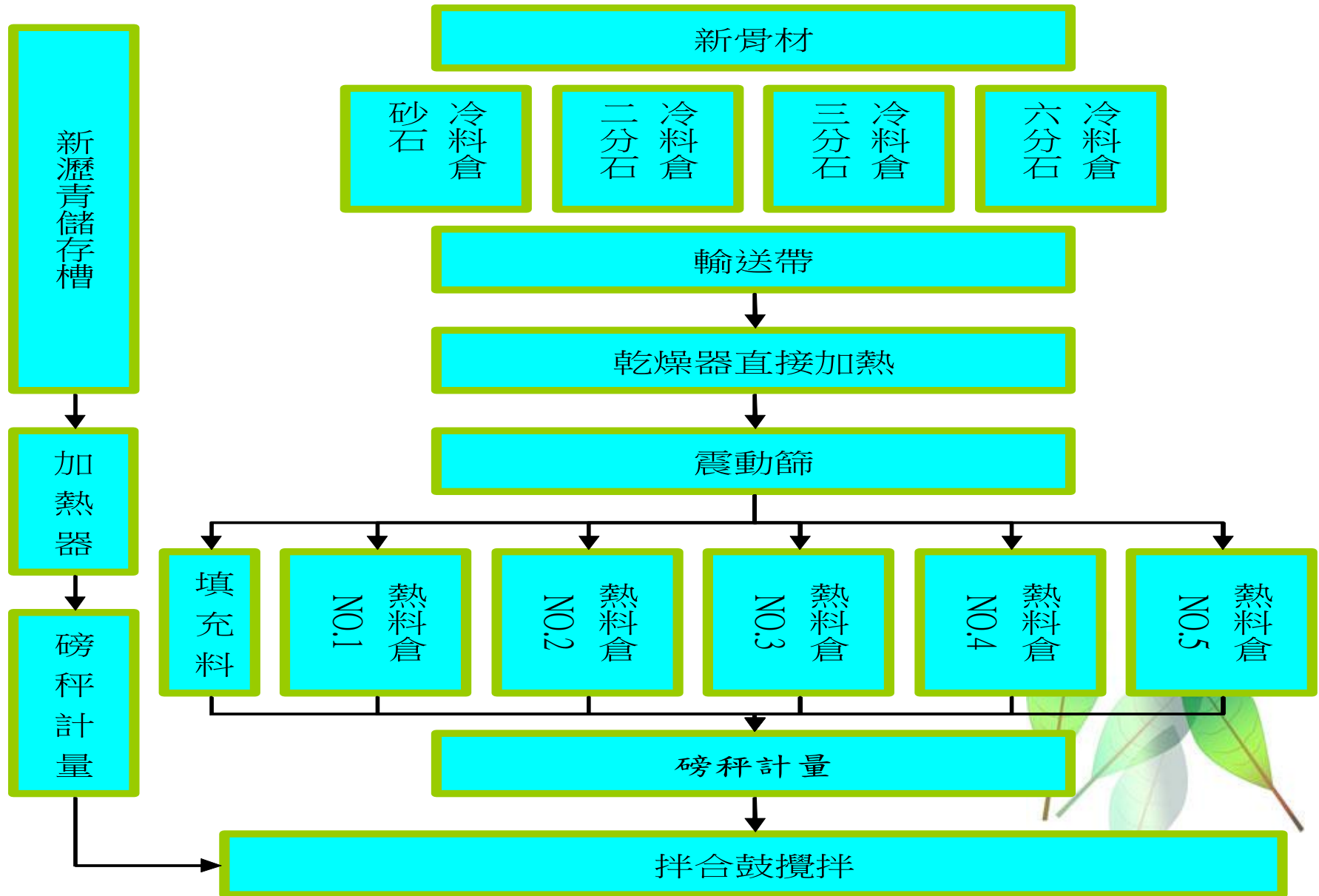


# 整平層

1. 整平層是用於高低不平的舊有路面，藉以調整其路冠之拱度、以達整平之目的。
2. 一般採用標稱最大顆粒尺寸介於13mm至19mm粗級配、9mm至19mm吋之開放級配，13mm至25mm之密級配瀝青混凝土。



# 5.3.3 熱拌瀝青混凝土製程原理



## 5.3.4 運送

- 1. 瀝青混凝土之運輸車輛，應使用自動傾卸式貨車。
- 2. 所用貨車之車箱內，應清潔、緊密、光滑，並應先塗一薄層肥皂溶液、石蜡油或其他經工程司認可之潤滑材料，以免瀝青混凝土混合料黏附貨車上。
- 3. 運送時應以帆布或其他適當之遮蓋物**覆蓋保溫**，以防瀝青混凝土混合料之溫度降低。
- 4. **總運輸量應能與瀝青混凝土拌和廠之生產量及瀝青鋪築機之工作量互相配合，務使瀝青鋪築機能連續操作而不致延擱為原則。**



## 5.3.5 鋪築

- 1. 瀝青混凝土混合料應以瀝青鋪築機鋪築，作業手應由訓練有素及有經驗者擔任。
- 2. 鋪築前，應先測訂準線，俾鋪築機有所依據，而鋪成平整之路面。
- 3. 緣石、邊溝、人孔、**原有面層之垂直切面**及建築物之表面與瀝青混凝土混合料相接合處，**應全部均勻塗刷瀝青粘層**，使有良好之結合。
- 4. 鋪築機之速度、振動及自動厚度調整裝置等操縱設備，必須妥為控制，鋪築時瀝青混合料不得有析離現象發生，並使完成後之表面均勻平整，經壓實後能符合設計圖說所示之線形、坡度及橫斷面。
- 5. **瀝青混合料倒入鋪築機鋪築時之溫度，不得低於120°C**（圖21）。
- 6. 鋪築工作應儘可能連續進行，鋪築機後面，應配有足夠之鏟手及耙手等熟練工人，發現有任何瑕疵時，在壓實前予以適當修正。



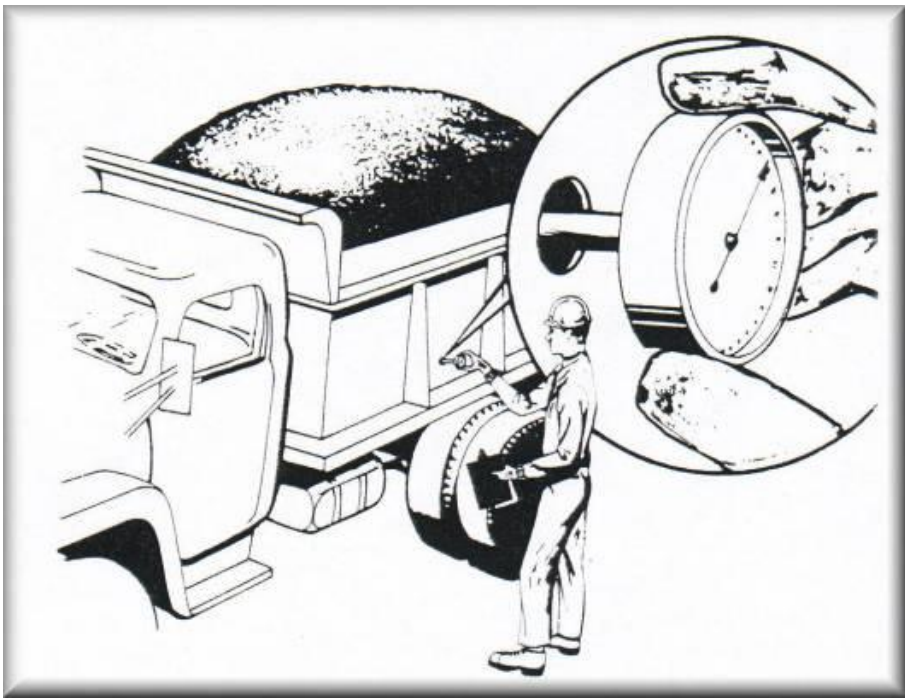


圖21 量測瀝青混凝土溫度



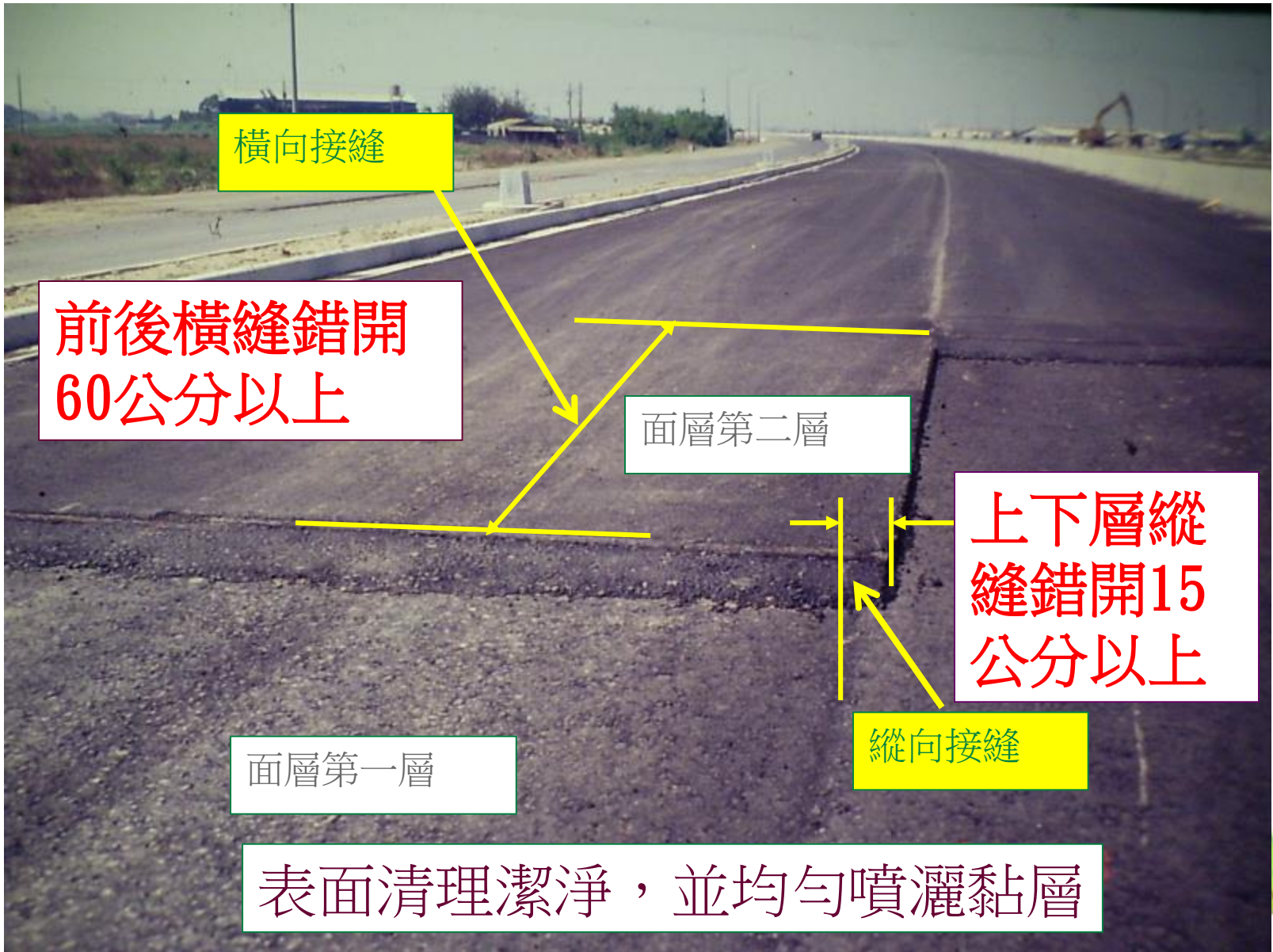


# 鋪築AC

- 7. 鋪築機不能到達而需用人工鋪築之處，應先將瀝青混合料堆放於鐵板上，然後由熟練工人用熱工具鏟入耙平均勻鋪築，使其有適當之鬆厚度，**俾能於壓實後達到所規定之厚度及縱橫坡度。**
- 8. 瀝青混凝土路面如係分層鋪築時，應於鋪築前兩小時內，先將前一層之表面清理潔淨，並均勻噴灑黏層，以增強兩層間之黏結。
- 9. 分層鋪築時，其各層縱橫接縫，不得築在同一垂直面上，**縱向接縫至少應相距15cm，橫向接縫至少應相距60cm**。如為雙車道時，路面頂層之縱向接縫，宜接近路面之中心位置，兩車道以上時，宜接近分道線。







橫向接縫

前後橫縫錯開  
60公分以上

面層第二層

上下層縱  
縫錯開15  
公分以上

面層第一層

縱向接縫

表面清理潔淨，並均勻噴灑黏層

## 5.3.6 滾壓(初壓，複壓，終壓)

- 1. 瀝青混凝土混合料鋪設後，當其能承載壓路機而不致發生過度位移或毛細裂縫時（約為**110°C~125°C**），應即開始用8~10t之二軸三輪鐵輪壓路機（圖23）**初壓**。





二軸三輪壓路機(初壓)壓實度



膠輪壓路機(複(次)  
壓)消細裂縫、增水  
密性、穩定性



二輪壓路機(終壓)消壓紋、改善平坦性





## 5.3.6 滾壓

- 2. 滾壓應自車道外側邊緣開始，再逐漸移向路中心，滾壓方向應與路中心線平行，每次重疊後輪之半。**在曲線超高處，滾壓應自低側開始，逐漸移向高側。**
- 3. 滾壓時，壓路機之驅動輪須朝向鋪築機，並與鋪築機同方向進行，然後順原路退回至堅固之路面處，始可移動滾壓位置，再向鋪築機方向進行滾壓。每次滾壓之長度應略有參差。壓路機應經常保持良好之情況，以免滾壓工作中斷。
- 4. **壓路機之鐵輪應以水保持濕潤，以免瀝青混合料黏附輪上**，但水分不得過多，以免流滴於瀝青混合料內。
- 5. 鐵輪壓路機之滾壓速度，用於初壓時每小時不得超過3km，其餘每小時不得超過5km。



# 滾壓

- 6. 在任何情形下，滾壓速度均應緩慢，且不得在滾壓路段急轉彎、緊急煞車或中途突然反向滾壓，以免瀝青混合料發生位移。
- 7. 如混合料發生位移時，應立即以熱齒耙耙平，或挖除後換鋪新瀝青混合料予以改正。
- 8. **壓路機不能到達之處，應以小型振動機充分夯實。**
- 9. 路面之厚度、路拱、縱坡及表面平整度等，均於初壓後檢查之，如有厚度不足、高低不平、粒料析離及其他不良現象時，均應於此時修補或挖除重鋪及重新滾壓，直至檢查合格時為止。
- 10. 緊隨初壓之後，以**膠輪壓路機**（圖24）依上述方法**滾壓至少四遍**，務使瀝青混凝土混合料達到規定密度時為止。



## 5.3.6 滾壓

- 11. 膠輪壓路機之滾壓速度，每小時不得超過5km，通常其與初壓壓路機之距離為60m，滾壓時瀝青混合料之溫度約為82°C~100°C。
- 12. 最後以6~8噸二輪壓路機（圖25）在路面仍舊溫暖時再行滾壓，以修飾路面，直至路面平整及無輪痕時為止。  
滾壓時，瀝青混合料之溫度不得低於65°C。



## 5.3.6 滾壓

- 13. 滾壓時，應儘可能使整段路面得到均勻之壓實度。
- 14. 滾壓後路面，應符合設計圖說所示之路拱、高程及規定平整度。**如有孔隙、蜂窩及粒料集中等紋理不均勻現象，應於滾壓時及時處理**，否則應予挖除，並重鋪新料重壓。
- 15. **滾壓後路面應禁止交通至少6小時或至溫度降至50°C以下。**



## 5.4 再生瀝青混凝土 第02966章

- 瀝青混凝土路面開放使用後，瀝青材料會**逐漸老化**
  - **車反覆載重**    **陽光紫外線照射**、
  - **氧化及濕氣等影響**，
- 瀝青膜剝脫，使路面失去柔性及強度，甚至龜裂破損，嚴重時需挖除或刨除重鋪。所挖除或刨除之舊瀝青混凝土，可經打碎（成為「再生瀝青混凝土粒料」，簡稱RAP）、  
• **添加再生劑或較低黏度瀝青及部分新粒料、加熱拌和均勻恢復原有功能，稱之為「再生瀝青混凝土」。**
- 其鋪築則與新瀝青混凝土無大差異





# 再生瀝青混凝土的特性

- **再生**--按原有材料性能或接近原有材料性能要求而進行使用。
- **再利用**--按不同於原有材料性能性能要求而進行使用。



# 轉爐石 (BOF)

轉爐石比重約3.2~3.6較一般天然砂石重，且轉爐石的粒料形狀、抗風化及抗磨耗等特性皆優於一般天然粒料。



轉爐石(六分石)



轉爐石(三分石)



轉爐石(二分石)

# 再生瀝青混凝土之特別注意事項

- 1. 供應再生瀝青混凝土之工廠應經**審查認可**。
- 2. 施工廠商應提示「再生瀝青混凝土配比設計報告書」，經審查認可。再生瀝青混凝土之各材料組成比例，須依配合設計決定，若用分盤（拌）式拌和廠，**RAP使用量不得超過40%**。
- 3. 工程包括舊路面之挖刨除時，應提示「瀝青混凝土挖（刨）除料流向證明文件」。
- 4. 用於再生之舊瀝青混凝土之品質要求：
  - (1)瀝青含量（對刨除混合料重量比）：**用於底層者3.0%以上，用於面層者3.8%以上。**
  - (2)針入度（25°C、5 Sec、100g）：**20(15)以上。**



# 再生瀝青混凝土之特別注意事項

- 5. 生產熱拌再生瀝青混凝土之分盤(拌)式拌和廠，除原有之粒料烘乾設備外，必須加裝再生瀝青混凝土粒料之專用加熱爐，以分別烘乾新粒料及再生瀝青混凝土粒料。
- 6. 回收瀝青黏度試驗：再生瀝青混凝土應檢測其瀝青之 $60^{\circ}\text{C}$ 黏度，其檢驗頻率為每2,000t一次，檢驗值不得超過核定瀝青混合料之再生瀝青混凝土黏度值之 $\pm 35\%$ 。
- 目前尚無客觀之公認技術可辨識「新料瀝青混凝土」與「再生瀝青混凝土」。



## 5.5 瀝青路面維修

- 維修方法很多，應視損壞狀況及可用資源適當選用，一般使用方式如下：
  - 1. 填縫：清理裂縫-熱瀝青灌入-撒乾細粒料
  - 2. 加封：路面清理-撒佈粘層-加封瀝青混凝土
  - 3. 局部挖除重鋪：切割-噴灑黏層-鋪上AC-刮平-夯實  
直規檢測平坦度
  - 4. 刨除重鋪：刨除厚度-清掃-撒佈粘層-鋪上AC

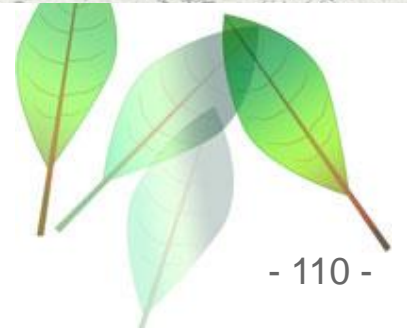




1



2



3



4





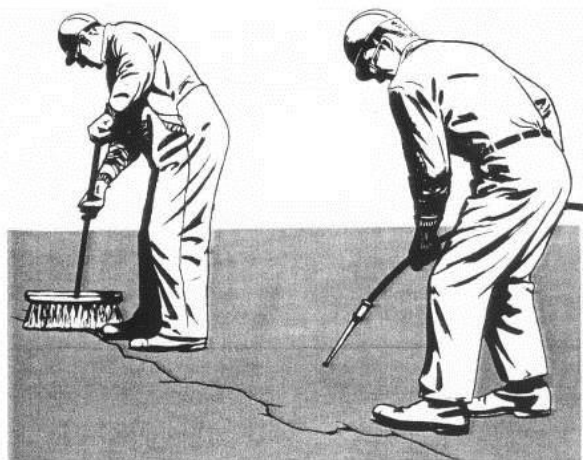
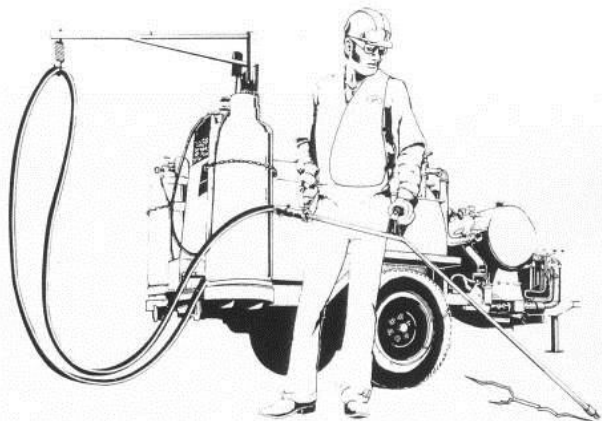
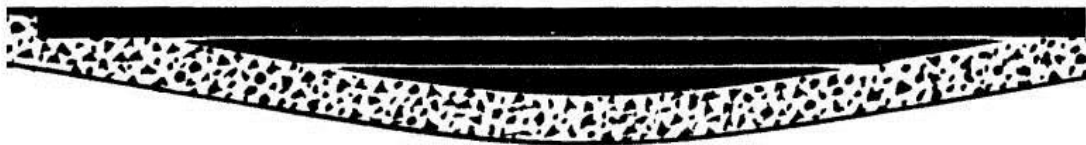


圖26 路面填縫施工步驟



正確



錯誤

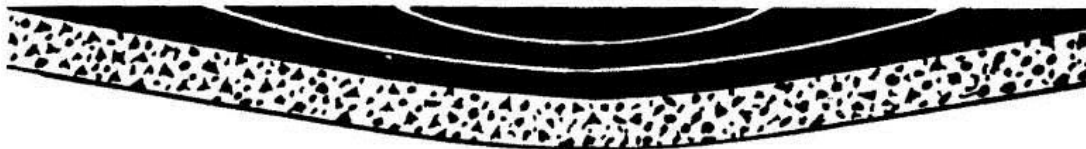
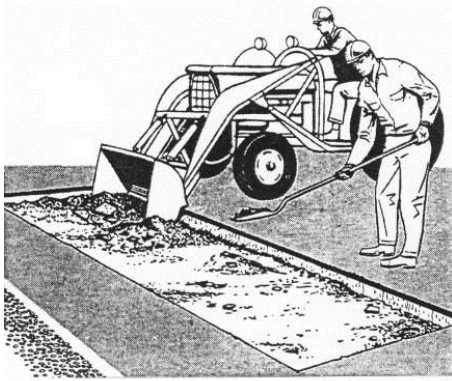


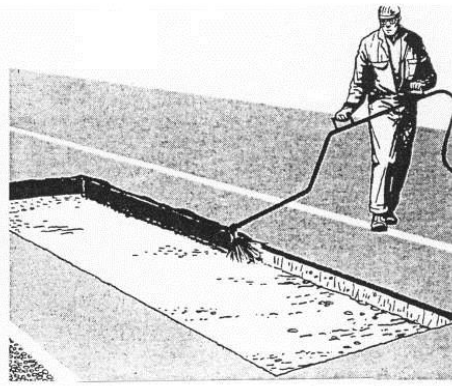
圖27 路面凹陷補平施工步驟，（上）正確（下）錯誤







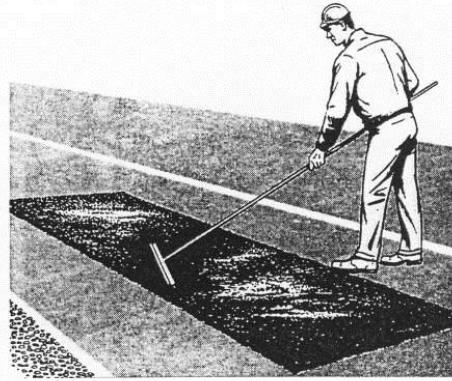
清除面層及底層料



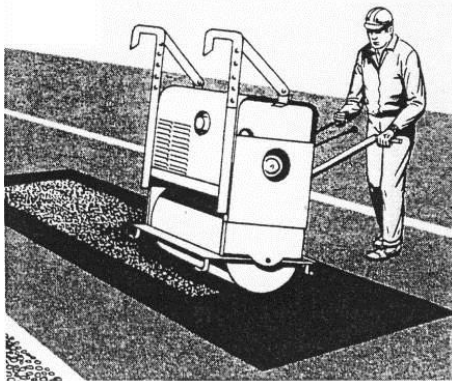
施噴黏層



鋪設瀝青混凝土



攤平材料



壓實材料



檢測平坦度

圖28 路面局部挖除重鋪維修步驟







圖29 冷式刨除機**刨除**損壞舊瀝青路面



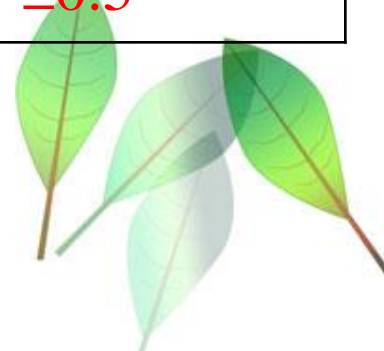
## 5.6 檢驗基準--1級配及瀝青含量

- 施工所用瀝青混凝土需定時依CNS 12388抽樣檢驗其粒料級配及瀝青含量，**通常以一天之施工量為一檢驗批，每批抽驗二次**，以其平均值為檢驗結果，我國普遍採用CNS 15475（抽取粒料之篩析法）及CNS 15478（瀝青路面混合料瀝青含量試驗法-溶劑萃取法）。



表9 瀝青混凝土粒料級配及瀝青含量許可差

| 試驗篩 (mm)                | 許可差 (%) |
|-------------------------|---------|
| 12.5以上 (1/2in以上) 之試驗篩   | ±8      |
| 9.5及4.75 (3/8in及No.4)   | ±7      |
| 2.36及1.18 (No.8及No.16)  | ±6      |
| 0.60及0.30 (No.30及No.50) | ±5      |
| 0.15 (No.100)           | ±4      |
| 0.075 (No.200)          | ±3      |
| 瀝青含量, % (對瀝青混合料之總質量)    | ±0.5    |



## 5.6. 檢驗基準--**2**平坦度

- 1. 完成後之路面應具平順、緊密及均勻之表面。以3m長之直規或路面平坦儀（圖30）沿平行或垂直於路中心線之方向檢測時，其任何一點高低差，**底層完成面不得超過±0.6cm，面層完成面不得超過±0.3cm。**
- 2. 所有高低差超過上述規定部分，應由承包商改善至合格為止。
- 3. 所有微小之高凸處、接縫及蜂巢表面，均應以熱燙板燙平。



圖30 3m路面平坦儀





## 5.6. 檢驗基準--3鋪築厚度

- 1. 路面完成後，以隨機方法決定檢測位置，**每1,000m<sup>2</sup>**鑽取一件樣品（圖31），依CNS 8755[瀝青鋪面混合料壓實試體之厚度或高度試驗方法]檢測其厚度（圖32）。
- 2. **任何一點之厚度不得少於設計厚度10%以上(?)**，其全數之平均不得少於設計厚度(OK)。



圖31 路面鑽心取樣



圖32 量取樣品厚度



## 5.6. 檢驗基準--4壓實度

- 壓實度=現地試體密度/(分母1或2)
- **1. 工地夯實試體密度基準法**
- 內夯製6個馬歇爾試體，試驗求密度，並計算室內試體平均密度，以該檢驗批之施工區域隨機抽取**5**點作工地密度試驗，該工地密度平均值應達到室內試體平均密度之**96%**以上，且任一工地密度不得低於室內試體平均密度之**94%**
- **2. 理論最大密度基準法：**(國內少用)
- 該工地密度平均值應達到理論最大密度之**92%**以上，且任一工地密度不得低於理論最大密度之**90%**。



# 壓實度

- 瀝青混凝土滾壓完成後需留有適當孔隙，以備通車壓密之後，仍有足夠孔隙以容納瀝青熱天膨脹之體積，故壓實度不宜太高，部分規範訂有壓實度上限值。
- 山區高山道路曲線坡度不易施作，標準應適宜調整。





# 壓實度 > 100%

- 級配料基底層

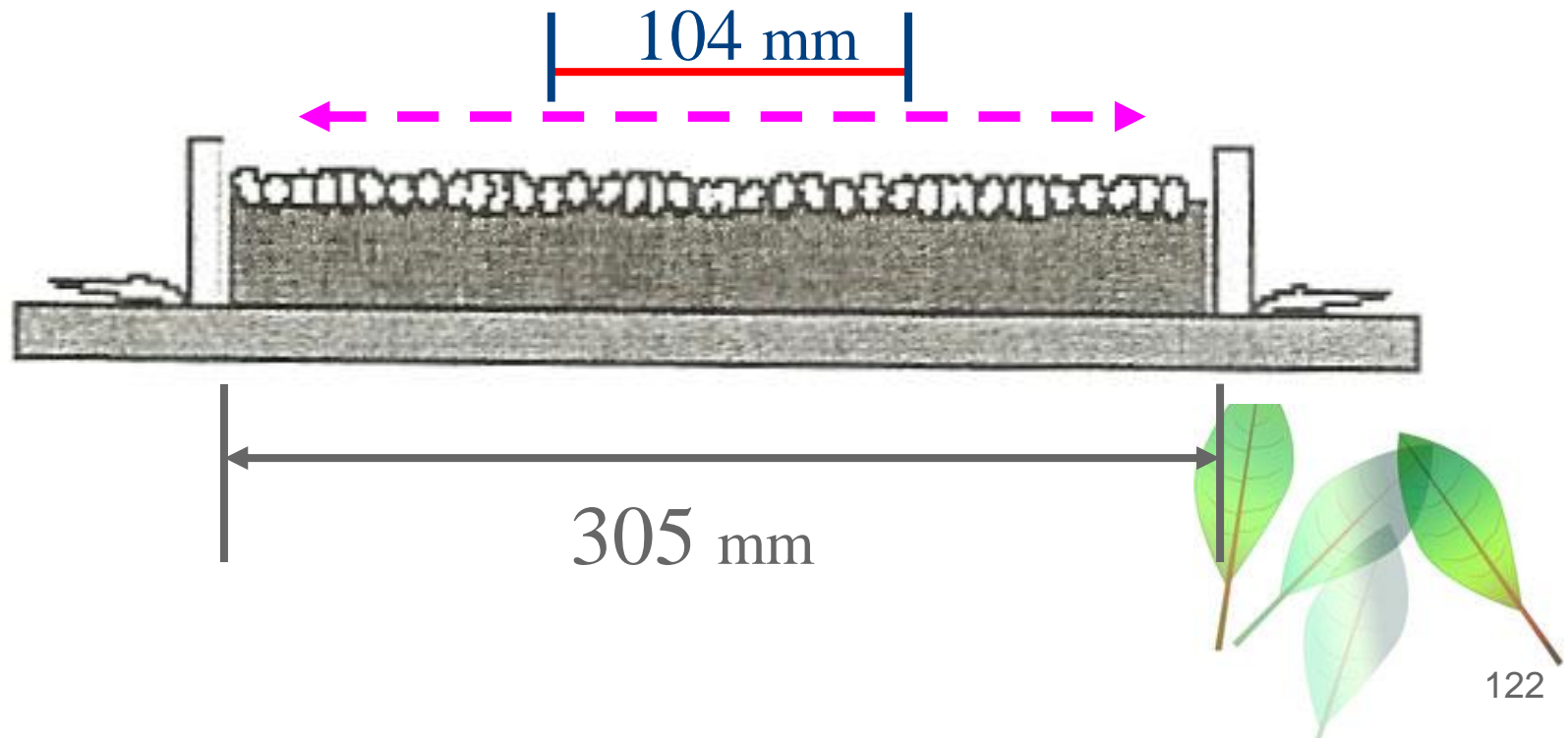
易因吸水膨脹後，顆粒結構排列推擠致  
承载力下降

- 瀝青混凝土面層

易因受熱膨脹後，孔隙率下降，引致冒  
油及結構排列推擠，承载力下降



- 輪跡車轍試驗
- 利用輪壓機壓實製作**30.5 × 30.5 × 5 cm**車轍試體，模擬工地壓路機對路面的滾壓，可得與工地實際狀態相近的試體，可執行模擬路面車轍破壞試驗





滾壓壓實機

輪跡車轍儀:求動  
穩定值、沉陷量



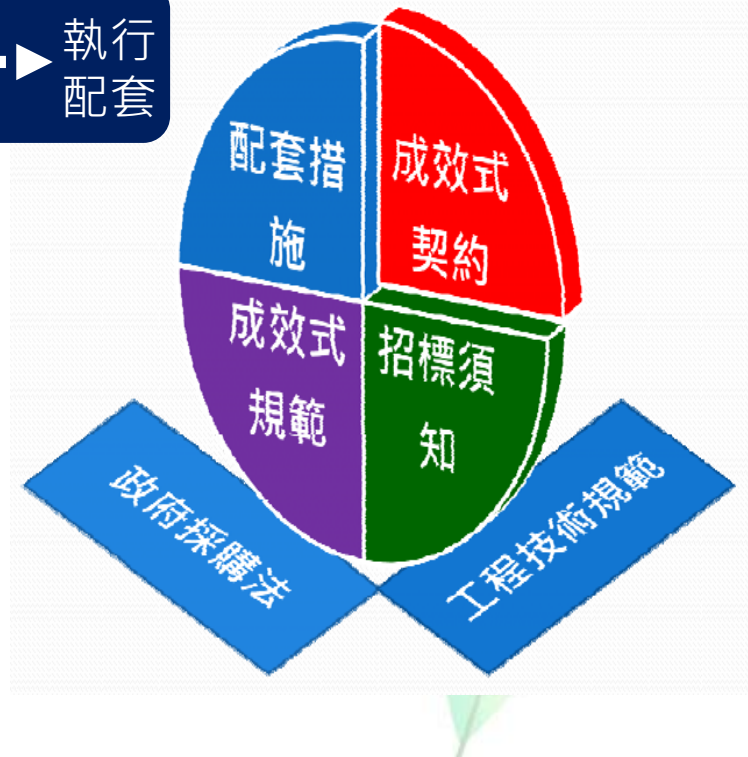
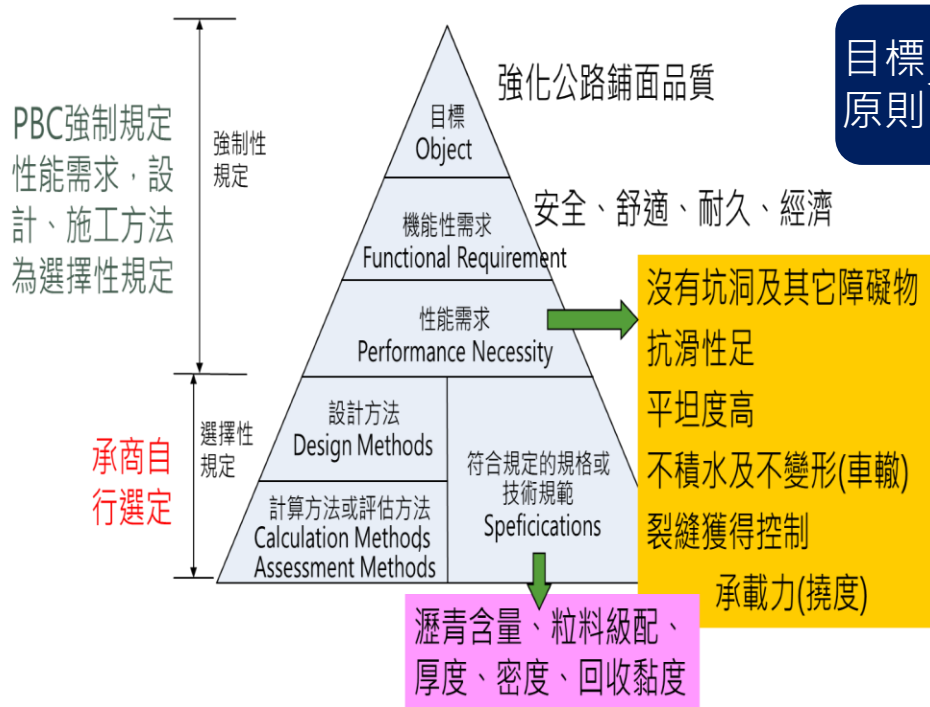
# 成效式合約取代刨除料比例限制

成效式契約



放寬廠商使用刨除料之彈性

以鋪面性能與品質為契約要求依規，不再限定刨除料使用比例或添加再生劑



# 結語

各項品質檢驗結果若有不合格情形，應依照契約規定處理，通常可規定以下處理方式：

- 1. 再行加強施工改善：如碎石級配底層壓實度不足時。
- 2. 再行施工補足：如碎石級配底層厚度不足時。
- 3. 拆除重建：如路面平坦度超出許可差無法正常使用時。
- 4. 減價收受：如品質偏差超出許可差，但在一定範圍內，且無礙安全





(1) 新建工程面層部分：◦

- A. 個點厚度不足部分 $\geq$ 設計厚度 10% 或 1cm 之較小者，個點所代表面積依原設計厚度挖(刨)除重鋪，重鋪後檢驗值再做各組平均厚度計算。(所有挖(刨)除、重鋪費用及重鋪後之相關檢測費用由承包商負擔，重鋪後檢試驗工作應依契約原要求試驗項目辦理檢驗)◦
- B. 各組平均厚度 $\geq$ 設計厚度，依契約單價給付。◦
- C. 各組平均厚度不足部分 $<$ 設計厚度 5%，依契約單價扣減各組代表面積瀝青混凝土工料價款之 20%。◦
- D. 設計厚度 5% $\leq$ 各組平均厚度不足部分 $<$ 設計厚度 10%，依契約單價扣減各組代表面積瀝青混凝土工料價款之 30%。◦

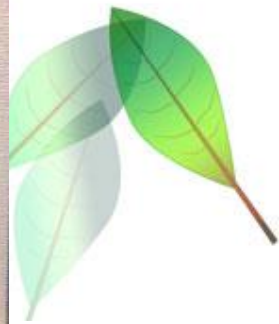
(2) 養護工程面層部分：◦

- A. 個點厚度不足部分 $\geq$ 設計厚度 20% 或 1cm 之較小者，個點所代表面積依原設計厚度挖(刨)除重鋪，重鋪後檢驗值再做各組平均厚度計算。(所有挖(刨)除、重鋪費用及重鋪後之相關檢測費用由承包商負擔，重鋪後檢試驗工作應依契約原要求試驗項目辦理檢驗)◦
- B. 各組平均厚度 $\geq$ 設計厚度，依契約單價給付。◦
- C. 各組平均厚度不足部分 $<$ 設計厚度 10%，依契約單價扣減各組代表面積瀝青混凝土工料價款之 20%。◦
- D. 設計厚度 10% $\leq$ 各組平均厚度不足部分 $<$ 設計厚度 20%，依契約單價扣減各組代表面積瀝青混凝土工料價款之 30%。◦

(3) 前(1)、(2)項個點厚度 $>$ 設計厚度 1.2 倍時，則以 1.2 倍設計厚度計算平均厚度。◦

3.6.3 壓實度：◦

- A. 個點壓實度試驗值 $<$ 93%，個點所代表面積挖除重鋪，重鋪後檢驗值再



# AC考古題

- 第029期：
- 問題：瀝青混凝土之品質檢驗項目包括
- (A) 粒料含量、瀝青含量、平坦度、鋪築厚度、抗壓強度
- (B) 粒料含量、光滑度、鋪築厚度、抗壓強度
- (C) 粒料級配、瀝青含量、平坦度、鋪築厚度、硬度
- (D) 粒料級配、瀝青含量、平坦度、鋪築厚度、壓實度。



# AC考古題

問題：瀝青混凝土路面之厚度檢驗合格標準，除契約另有規定外，為

- (A) 任何一點之厚度不得少於設計厚度10%以上，其全數之平均不得少於設計厚度
- (B) 任何一點之厚度不得少於設計厚度，其全數之平均不得少於設計厚度 10%以上
- (C) 任何一點之厚度不得少於設計厚度，其全數之平均不得少於設計厚度
- (D) 任何一點之厚度不得少於設計厚度20%以上，其全數之平均不得少於設計厚度10%以上。

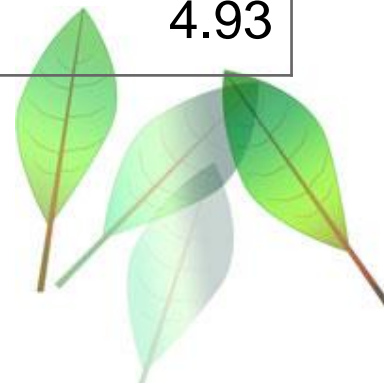




# 假設題

鋪面厚度設計厚度5CM，下列何者及格

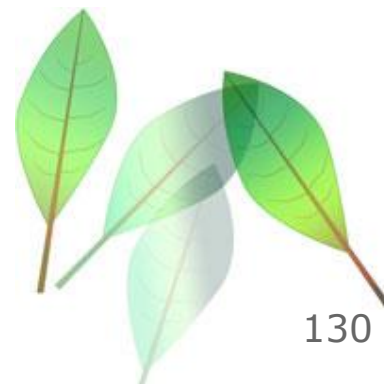
| 組別 | 鑽孔樣品1 | 鑽孔樣品1 | 鑽孔樣品1 | 平均       |
|----|-------|-------|-------|----------|
| A  | 4.2   | 5.3   | 5.5   | 5.0      |
| B  | 4.5   | 5.1   | 5.4   | 5.0      |
| C  | 4.3   | 4.4   | 6.6   | (5.1)4.9 |
| D  | 4.5   | 5.1   | 5.2   | 4.93     |





報告完畢  
敬請指導

謝謝大家聆聽



# 鋪面破壞與調查評估

- 1 裂縫 (Cracks)：分成龜裂、塊狀裂縫、縱向裂縫、鱷魚紋裂縫等。

中級龜裂



輕級龜裂





## 中級龜裂



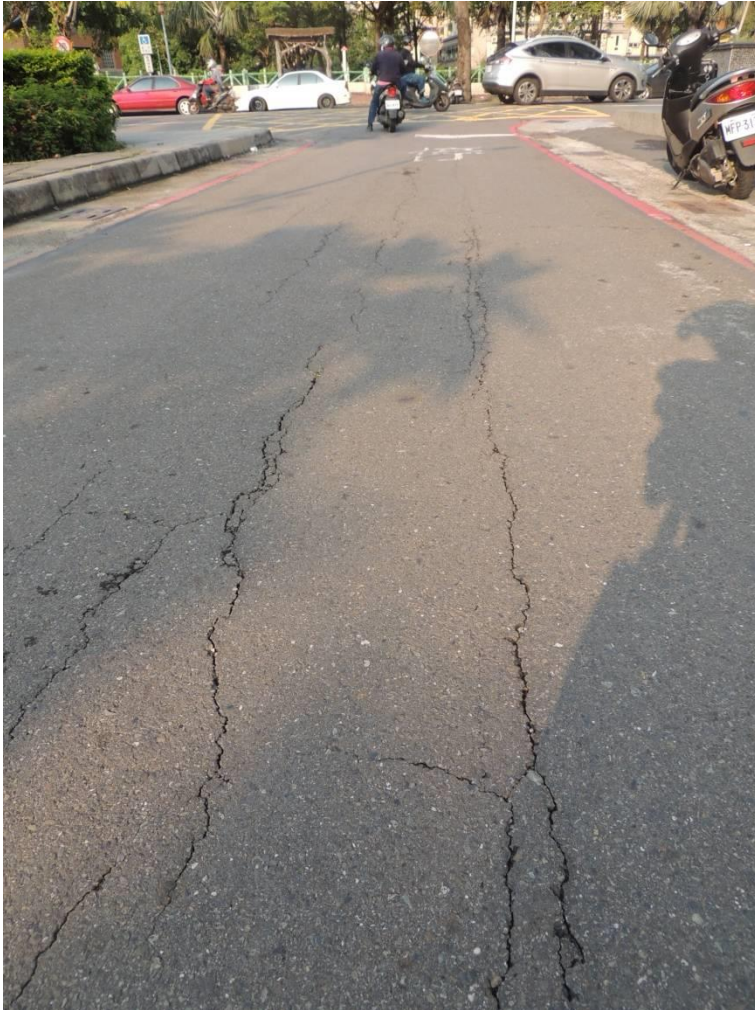
## 2.縱向裂縫輕級、中級、重級

1. 混合料硬化引起面層收縮
2. 反射裂縫
3. 回鋪之車道接縫施工不良





# 縱向裂縫



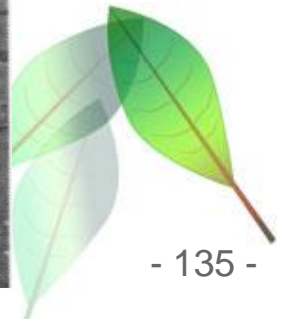


### 3.塊狀裂縫(輕級、中級及重級)

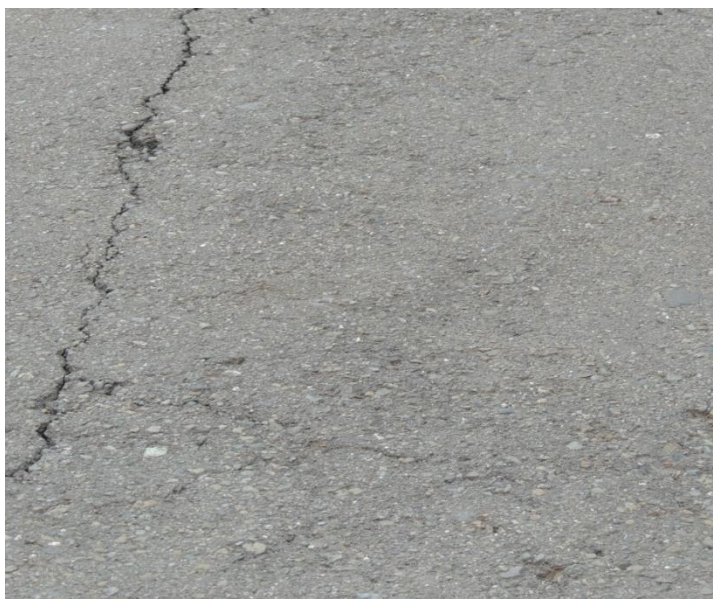


(1)溫差變化大  
而收縮開裂。

(2)瀝青混凝土老化



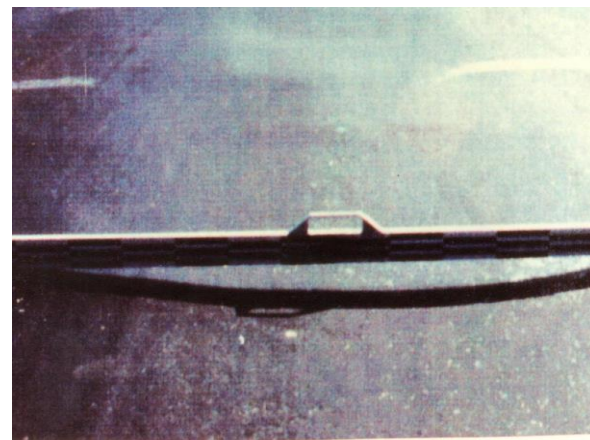
# 4. 橫向裂縫





## 5. 車轍(Rutting)

- 道路結構強度不足，路基或面層穩定性及壓實不足



# 車轍



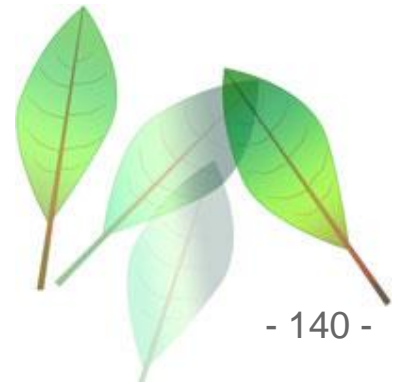


## 6. 波浪形鋪面

- 面層穩定性不足, 路口車輛加減速。



# 7. 隆起材料膨脹及凹陷路基土層沉陷

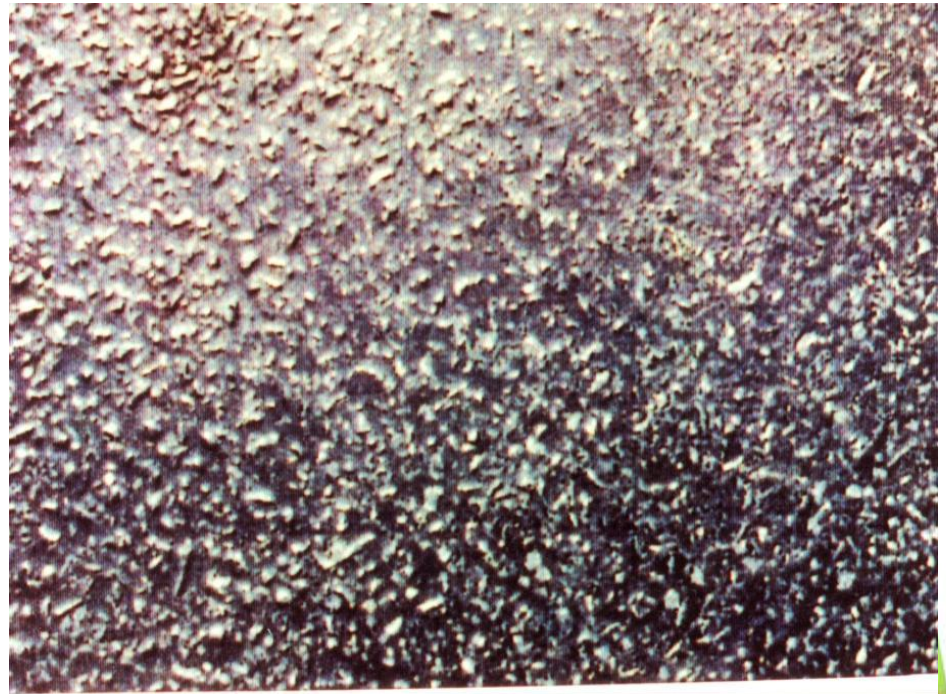




## 8. 坑洞粒料分離積水



## 9. 冒油 瀝青含量過高空隙率過低





# 路基欠整理



# 參考資料

公共工程委員會於施工規規範

第02336 路基整理

02722 級配粒料基層

02726 級配粒料底層

02714 地瀝青處理底層

02741 瀝青混凝土之一般要求

02742 瀝青混凝土鋪面

02745 瀝青透層

02747 瀝青黏層

02966 再生瀝青混凝土

**ASTM D4552** 熱拌瀝青混凝土再生劑規範

**MS-2 Asphalt Mix Design Methods AI**

**AC**考古題