



# 經濟部111年度第5次工程施工查核檢討會

## 瀝青混凝土鋪面施工與檢驗

主講人：張家瑞 教授

國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所  
社團法人中華鋪面工程學會前理事長



民國111年11月24日



1

## 簡 歷



- 國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所教授
- 社團法人中華鋪面工程學會第10-11屆理事長
- 社團法人中國土木工程學會第24-25屆(現任)鋪面工程委員會主任委員
- 中華民國道路協會第29屆(現任)國際事務委員會副主任委員
- 中央及地方工程施工查核委員
- 明新科技大學行政院公共工程品質管理訓練班執行長
- 行政院公共工程委員會公共工程品質管理訓練班、公共工程品質管理人員回訓班講師
- 內政部營造業工地主任220小時職能訓練講習講師
- 財團法人全國認證基金會(TAF)第7屆檢驗機構/實驗室認證土木領域技術委員會委員
- 國立宜蘭大學永續發展中心TAF檢驗機構主管(認證編號I0068)
- 台灣區瀝青工業同業公會第12-13屆(現任)學者顧問
- 內政部營建署「國營事業管線挖掘市區道路施工回填復舊」考評委員
- 內政部營建署「公共設施管線資料庫管理供應系統」輔導暨考評委員
- 內政部營建署「市區道路養護管理暨人行環境無障礙考評」考評委員
- 交通部公路總局「管線挖掘品質聯合稽查作業」稽查委員
- 總編輯 (Editor-in-Chief), *International Journal of Pavement Research and Technology* (IJPRT), Springer (ISSN 1996-6814) (EI Index, <https://www.springer.com/journal/42947>)

2

# 目 錄

- 序論
- 級配粒料底層
- 透層及黏層
- 瀝青、瀝青混凝土底層及面層
- 瀝青混凝土配合設計
- 瀝青混凝土施工
- 結語



3

## 一、序論



20210128自由追新聞》  
路平很難？機車族天天挑  
戰「馬路障礙賽」  
(10'50")



20180223 TVBS 十點不一樣》  
道路平整度你滿意嗎？施工首  
重速度、成效  
(4'10")

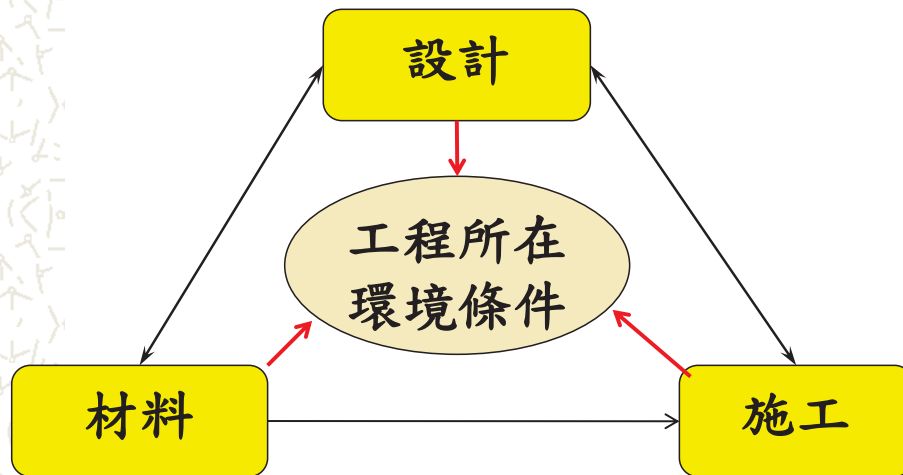
4

## 路面三大設計

🔦 路面幾何設計：表面尺度

🔦 路面結構設計：厚度

🔦 路面材料設計：配合設計



5

## 路面幾何設計

🔦 路面幾何設計：

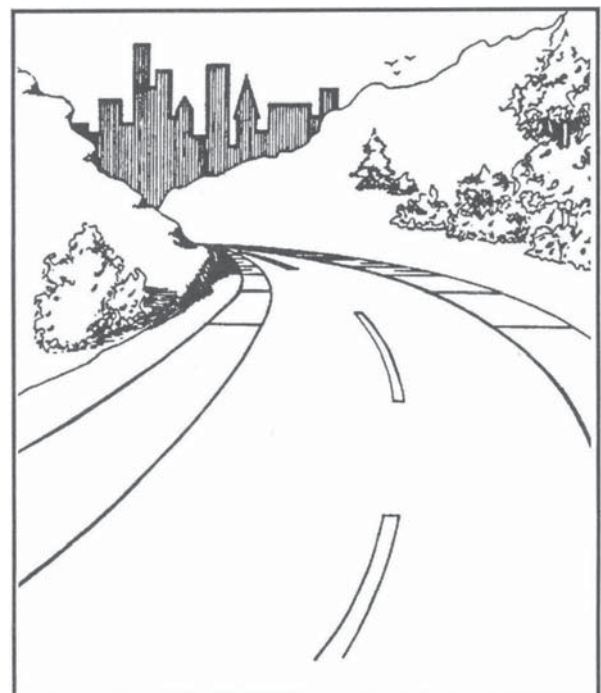
■ 行車

■ 地形

■ 排水

■ 景觀

來決定路面平面、縱斷面、橫斷面等之表面幾何尺度。



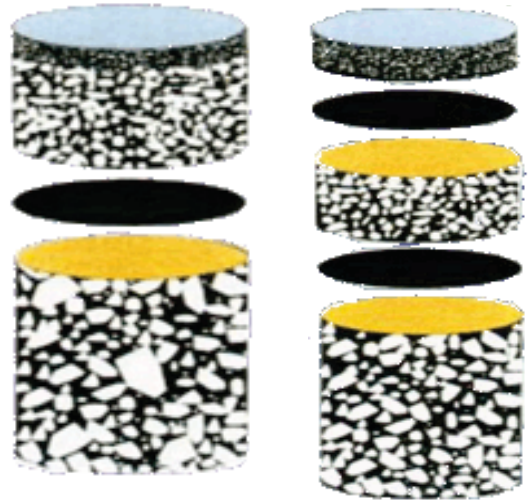
6

# 路面結構設計

## ● 路面結構設計：

- 設計年限
- 預計行車軸次
- 路面材料強度
- 路基土壤強度
- 氣溫及排水條件

以決定路面結構各層**厚度**



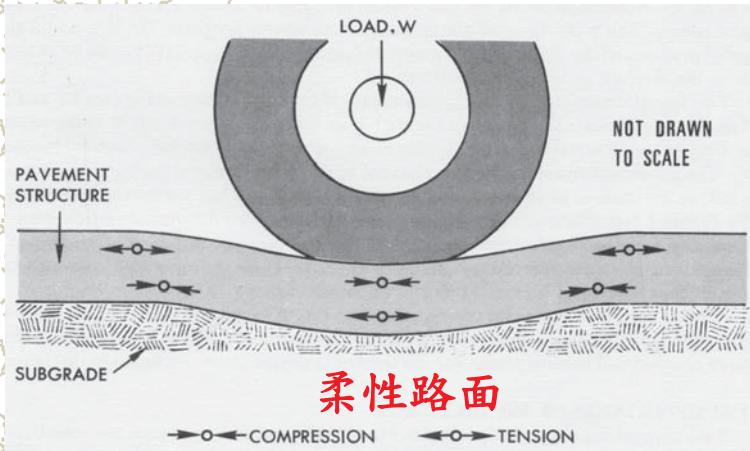
7

# 路面材料設計

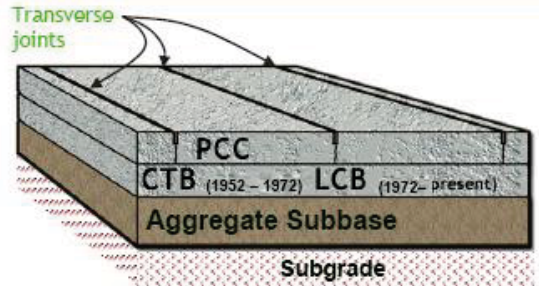
路面種類	材料代表
柔性路面	土路、碎石路、爐渣路、 <b>瀝青混凝土路</b>
剛性路面	<b>水泥混凝土</b> 、鋼筋水泥混凝土、預力鋼筋混凝土
其他	磚鋪路、石鋪路

8

# 柔性 vs. 剛性鋪面觀念

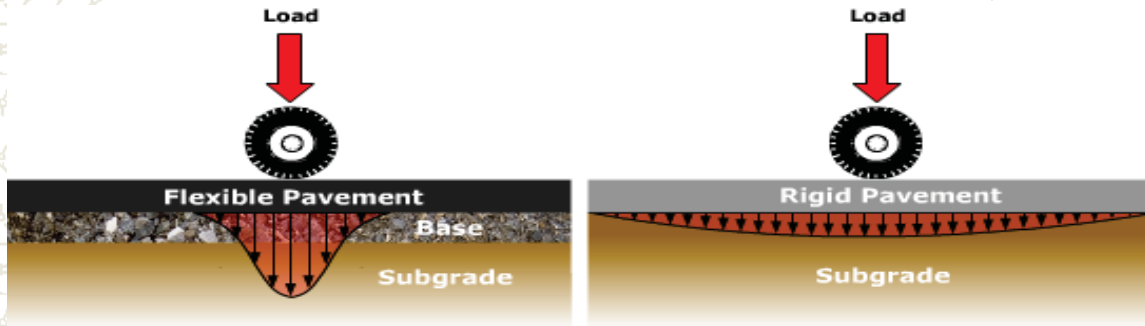


柔性路面

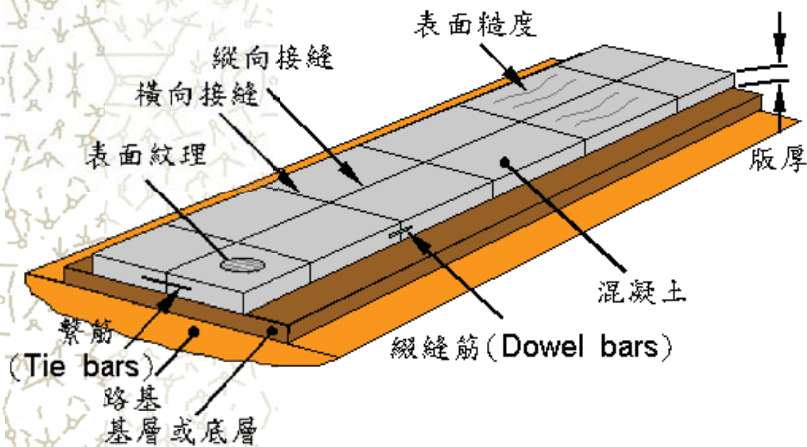
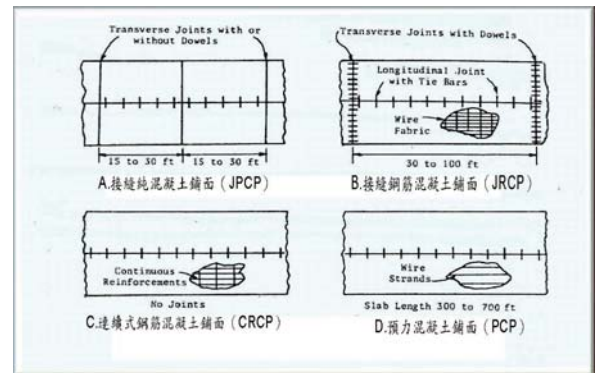


CTB: Cement treated base used prior to 1972. Asphalt or cement treated permeable base (ATPB or CTPB) and asphalt treated base (ATB) have also been used in the past.  
LCB: Lean concrete base in current use

剛性路面



# 水泥混凝土(剛性)鋪面構造及種類



# 水泥混凝土鋪面



11

# 瀝青混凝土概論

■瀝青混凝土 (Asphalt Concrete, 簡稱AC) 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後，依設計圖說所示之線形、坡度、高程及橫斷面等，分一層或數層鋪築於已整理完成之底層或經整修後之原有面層上，滾壓至規定壓實度而成者

■國內採熱拌 (HOT MIX) 生產較多

■粗級配AC底層亦稱為瀝青處理底層 (BTB)

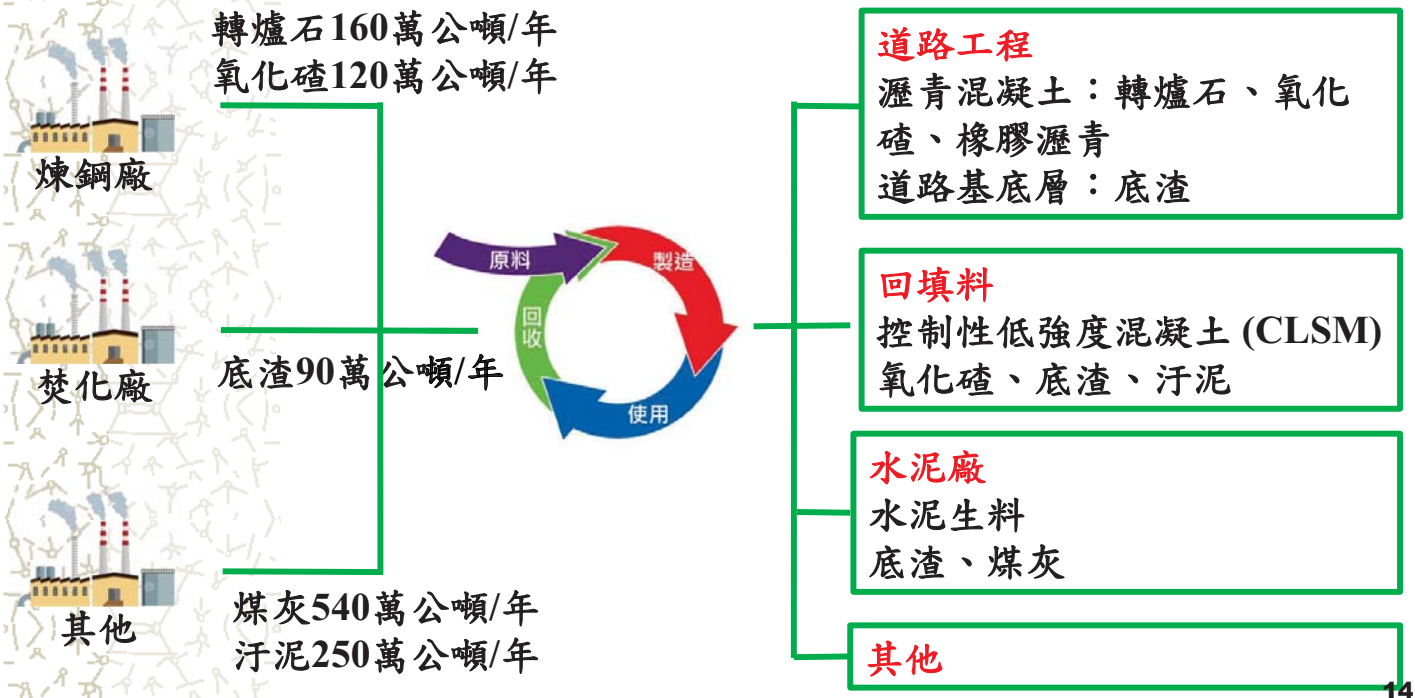
12

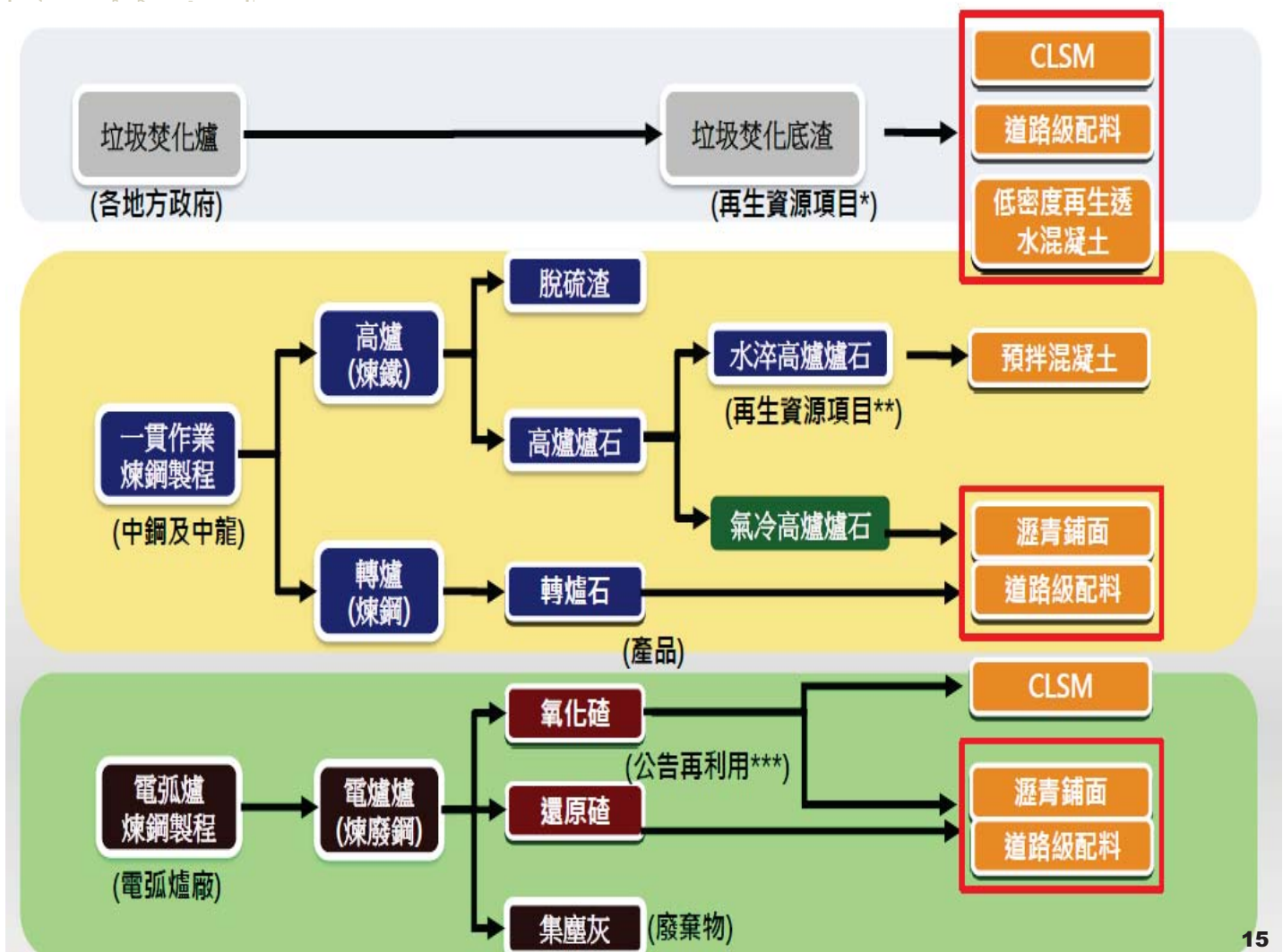
# 瀝青混凝土概論



# 循環經濟於道路工程推展

「資源適材適所再利用、工程品質與環境雙贏」





15

## 瀝青混凝土優點 (相對於水泥混凝土鋪面)

### □ 優點：

- 行駛舒適
- 施工容易
- 施工快速
- 養護時間短
- 修補容易
- 可薄層加封
- 新建成本較低



16



# 瀝青混凝土缺點

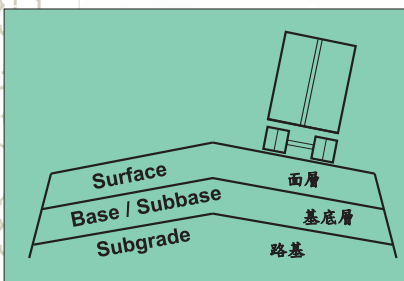
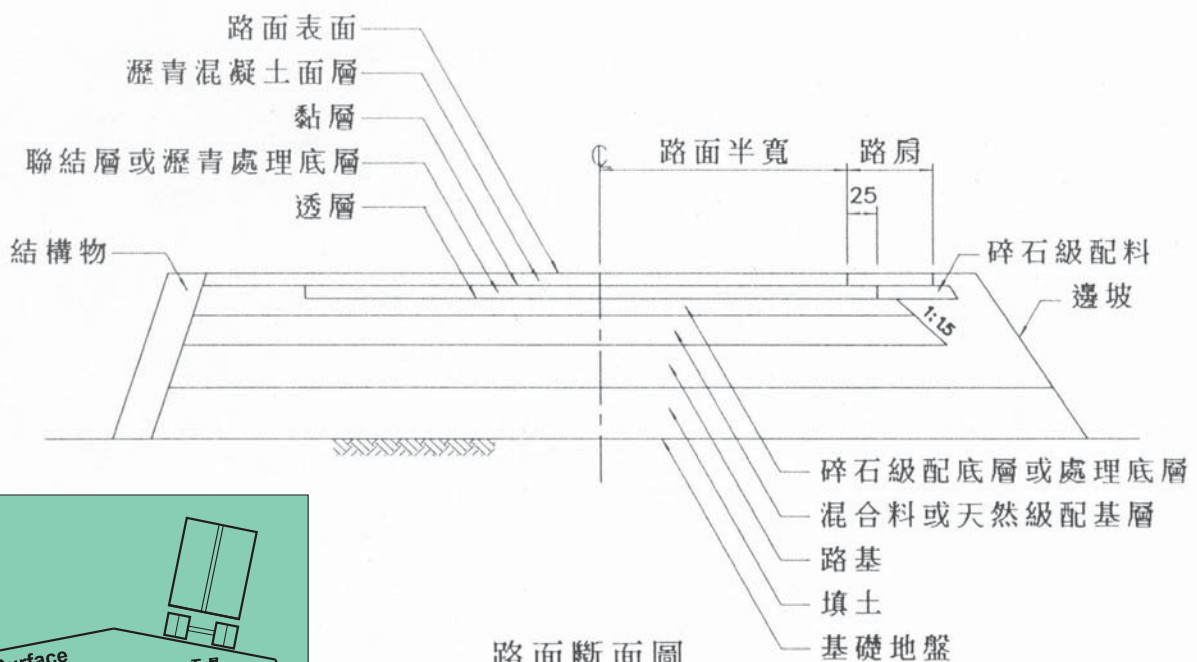
## □ 缺點：

- 色彩(黑暗)
- 服務年限短
- 總成本高(護成本高)
- 高溫降低強度
- 高溫產生有害氣體
- 易被溶劑溶解
- 易損壞、怕潮濕發生剝離



17

# 瀝青路面構造 (典型設計)



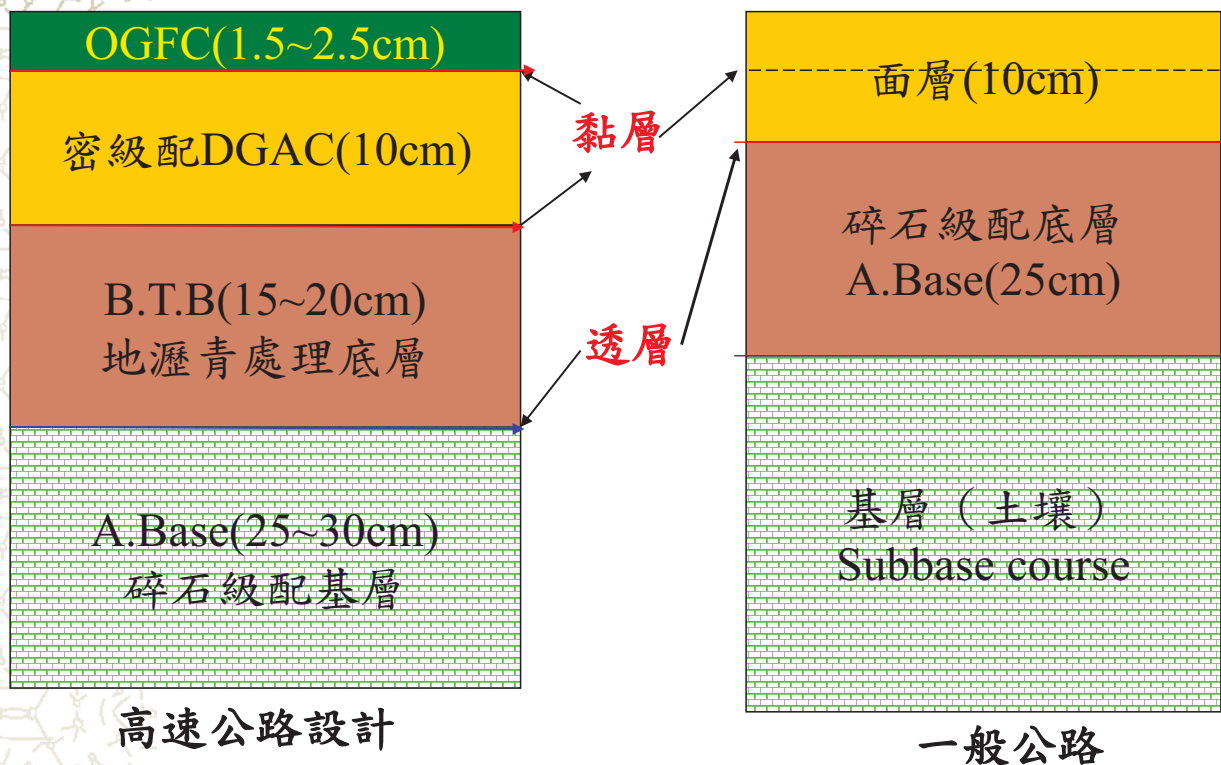
18

# 瀝青路面構造 (多層設計)



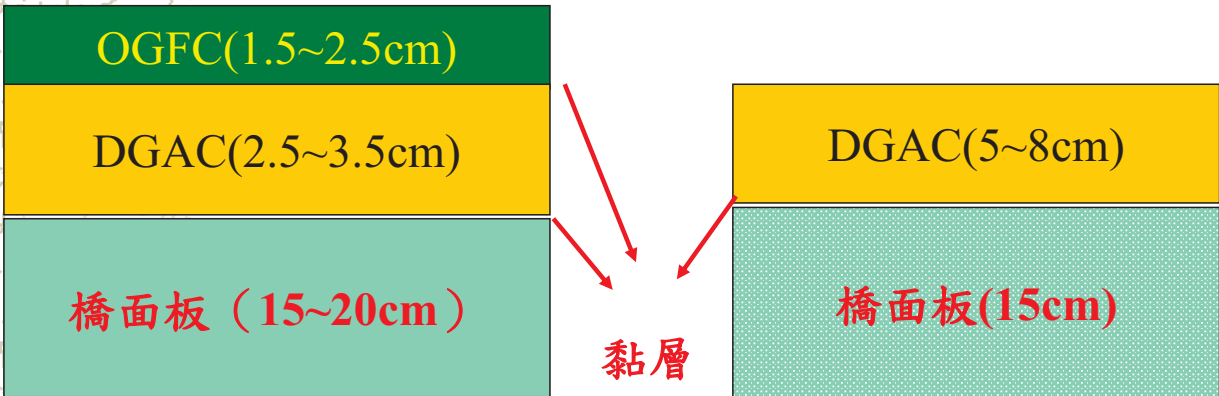
19

# 國內瀝青道路主要構造



20

# 國內瀝青路面主要構造 (橋面)

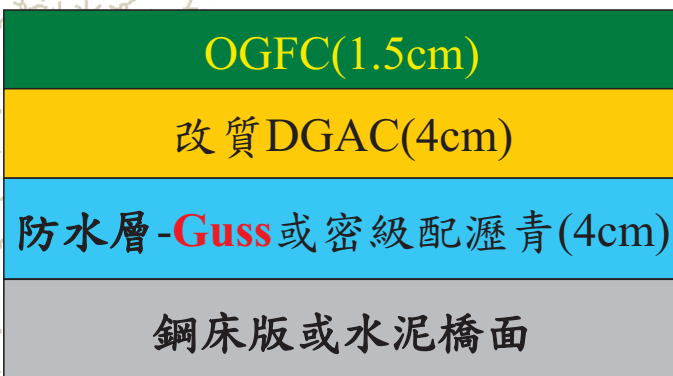


高速公路設計

一般公路



# 鋼床鈹橋面主要構造

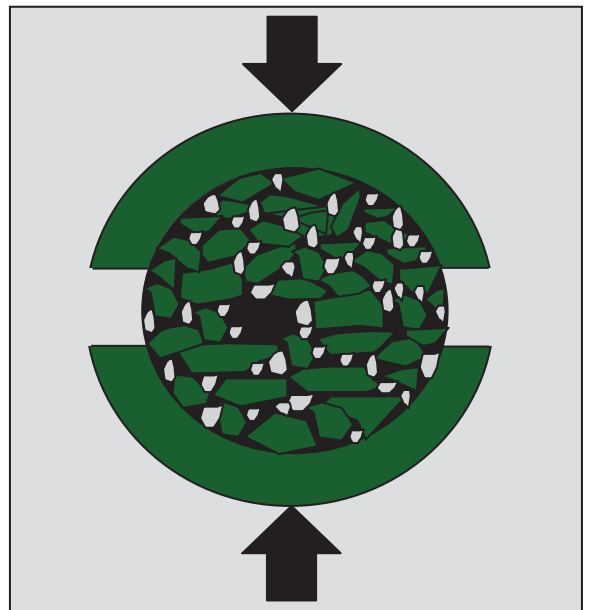


# 瀝青路面設計概念

## 路面材料設計：

- 材料性質
- 設計強度要求

決定瀝青混凝土之材料種類及成分配合比例 (JMF)，亦稱配比設計或配合設計



23

# 瀝青路面(新建)施工程序

- 測量放樣、清理工地等
- 路基土石方挖、填滾壓
- 砂石混合料基層鋪築滾壓
- 級配粒料底層鋪築滾壓
- 撒佈瀝青透層
- 瀝青混凝土底層鋪築滾壓
- 撒佈瀝青黏層
- 瀝青混凝土面層鋪築滾壓
- 繪設標線、貼標鈕，驗收後開放交通



24

# 道路維修施工程序

- 🔦 施工區域交通管制及維持
- 🔦 舊有路面刨除作業
- 🔦 清掃刨除廢棄物
- 🔦 噴灑黏層
- 🔦 瀝青混凝土鋪築及滾壓
- 🔦 繪製標線
- 🔦 撤離施工管制，開放交通



25

## 貳、級配粒料底層

- ✓ 第02336章 路基整理
- ✓ 第02726章 級配粒料底層
- ✓ 第02722章 級配粒料基層
- ✓ 第02714章 地瀝青處理底層

26

## 級配粒料底層 (1/4)

### ◆ 功能

✓ 提供廉價路面結構厚度

✓ 將路面荷重分散於基層或路基

✓ 可有減少路基含水量上升作用

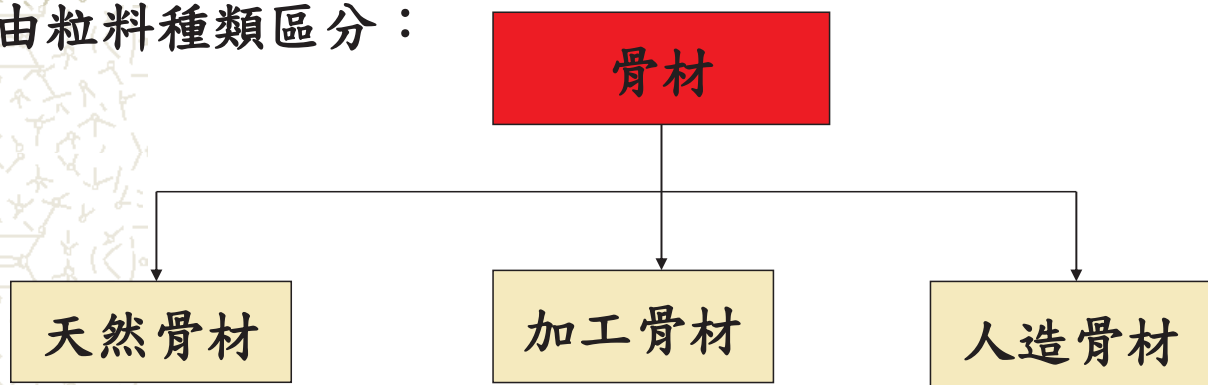
◆ 厚度或壓實度不足，容易導致路面發生車轍及變形



27

## 級配粒料底層 (2/4)

### ◆ 由粒料種類區分：



28

## 級配粒料底層 (3/4)

- ◆ 級配粒料係以石料經軋石機破碎而成規定尺度，並經過篩調整成規定級配而成



29

## 級配粒料底層 (4/4)

- ◆ **級配粒料**應為岩石、礫石或爐渣軋製級配或天然級配。
- ◆ 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），其磨損率不得大於50%



30

## 底層級配之級配規定



試驗篩 (mm)	通過篩百分率	
	A型	B型
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

31

## 級配粒料底層施工 (1/3)

- 運達工地之級配，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，然後以平路機或其他機具攤平
- 如有需要，應在路機或基層上灑水，以得一適宜之溼度



32



## 級配粒料底層施工 (2/3)

- ✦ 撒鋪時，發現粒料不均勻或析離現象，應重新拌合消除
- ✦ 不合規定顆粒即一切雜物，應隨時檢除



33

## 級配粒料底層施工 (3/3)

- ✦ 級配粒料每層壓實厚度視滾壓機具之能量而異
- ✦ 通常規定每層實方厚度不得超過**20cm**，亦不得低於標稱最大粒徑之**2倍**
- ✦ 施工時應控制鬆方厚度約為壓實厚度之**1.35倍**



34

## 底層滾壓 (1/4)

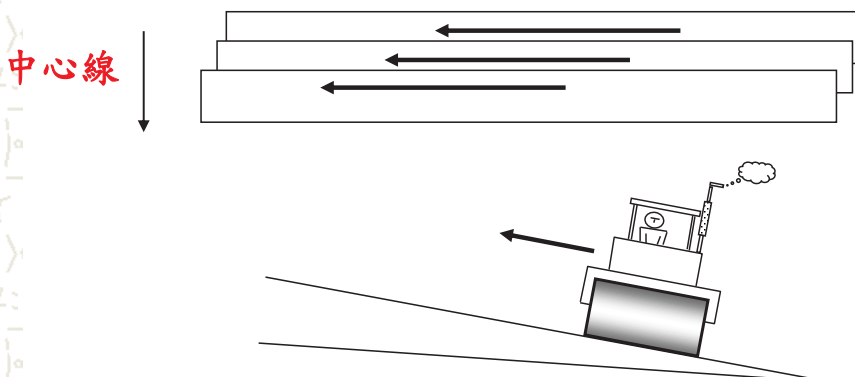
- 級配粒料撒鋪及整形完成後，應以**10公噸**以上鐵輪壓路機或震動壓路機滾壓
- 滾壓時，如有需要，應以噴霧或灑水車酌量灑水，使級配粒料含有適當之含水量 (**OMC**)
- 如級配粒料含水量過多時，應翻曬俟其乾至適當程度後，始可滾壓



35

## 底層滾壓 (2/4)

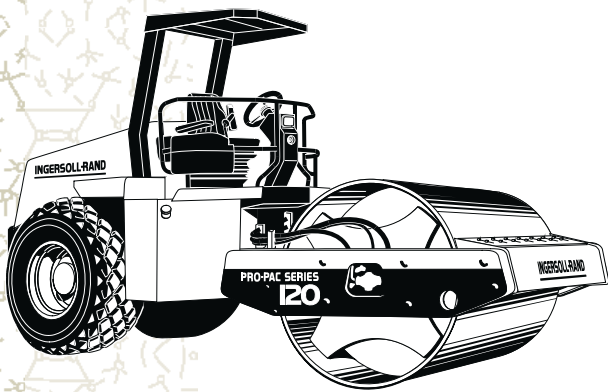
- 滾壓時應由路邊開始，將後輪之**一半**壓在路肩上滾壓堅實，然後在**逐漸內移**，滾壓方向與路中心線平行，每次**重疊後輪之一半**
- 在曲線超高處，滾壓應由低側移往高處



36

## 底層滾壓 (3/4)

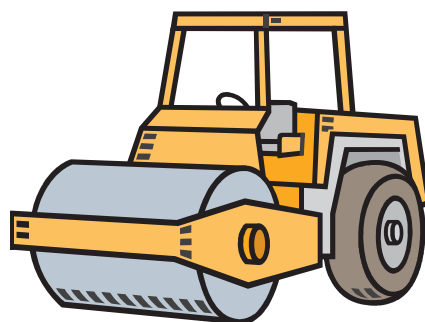
- 滾壓後如有不平之處，應耙鬆後補充不足之材料，或移除多餘部分，然後滾壓平整
- 分層鋪築時，在每一層之撒鋪與壓實工作未經檢驗合格之前，不得繼續鋪築其上層



37

## 底層滾壓 (4/4)

- 最後一層滾壓完成後，應以平路機刮平，或以人工修平，隨即再予滾壓
- 刮平及滾壓工作硬相繼進行，直至表面均已平整堅實，符合設計圖說斷面



38

# 保護

- ✪ 已完成之底層應經常灑水保養，以防**細料**散失
- ✪ 在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

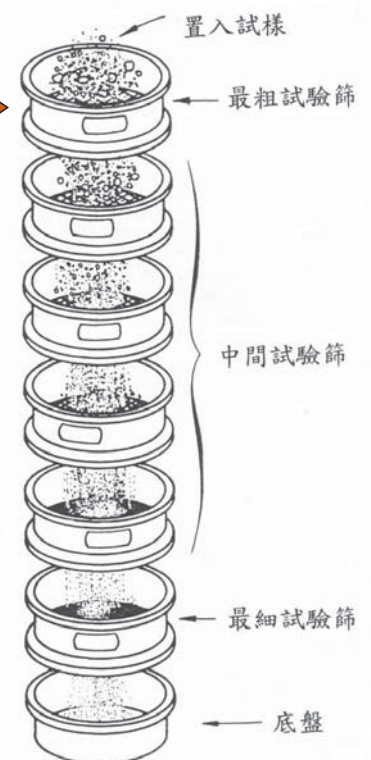


39

# 品質檢驗：篩分析

■ 級配品質檢驗每600 m<sup>3</sup>

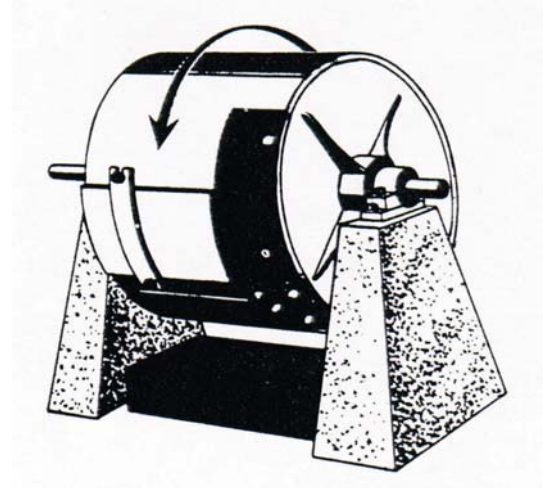
✓ **篩分析** (CNS 486)



40

# 品質檢驗：洛杉磯磨損

洛杉磯磨損 (CNS 490) : < 50%

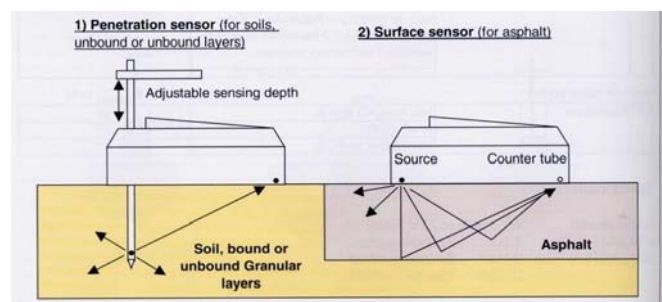
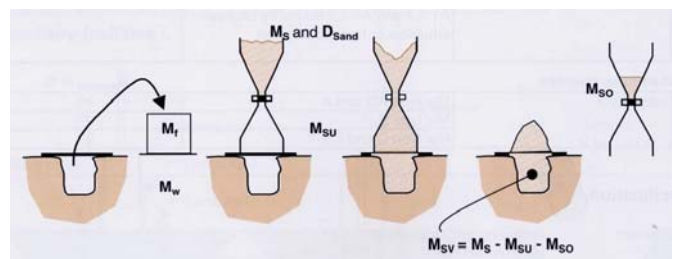


41

# 品質檢驗：壓實度

- ◆ 檢驗頻率：每一層每 1,000 m<sup>2</sup>檢驗一次
- ◆ 試驗方法：工地密度試驗 以 CNS14733 (砂錐法) 或 AASHTO T238 (核子儀法) 辦理

## 砂錐法



## 核子儀

42

## 品質檢驗：壓實度



43

## 品質檢驗：壓實度

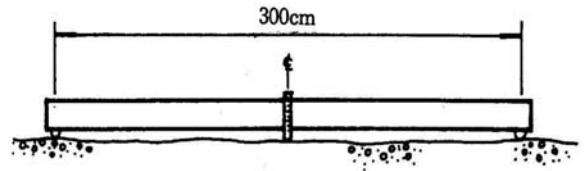
- ◆ 檢驗結果應達CNS 11777-1 改良式土壤夯壓試驗法所求得最大乾密度之98%以上
- ◆ 如試驗結果未達規定壓實度時，應繼續滾壓、翻鬆灑水或翻曬後重新滾壓至合格為止

**壓實度**：工地密度對最大乾密度之百分比%

44

## 品質檢驗：表面平整度

- ❑ 完成之底層平順
- ❑ 3 m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±1.5cm
- ✓ 不合格處應予整平壓實



45

## 品質檢驗：厚度

- 完成後之底層，工程司隨機選取地點鑽洞檢測厚度。
- 每1,000m<sup>2</sup>檢測一點
- 厚度檢測結果
  - 任何一點之厚度不得比設計厚度少1cm以上
  - 各點厚度之平均值不得小於設計厚度
- 不合規定時，表面翻鬆補充新料，重新滾壓

46

## 參、透層及黏層



第02745章 透層

第02747章 黏層

47

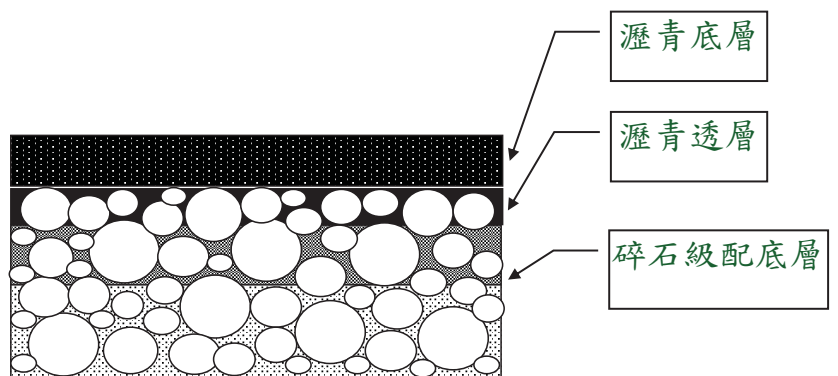
## 透層

### ◆透層(*prime coat*)：

- 用途：在級配粒料底層之上鋪設瀝青層前灑佈
- 目的：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

### ◆材料種類：

- ✓油溶瀝青(MC-70)
- ✓乳化瀝青  
(SS-1h、CSS-1  
CSS-1h)



48



# 黏層

黏層(tack coat)：

■用途：在分層鋪築時間間隔較久時，或在舊瀝青路面加鋪（加封）時撒佈

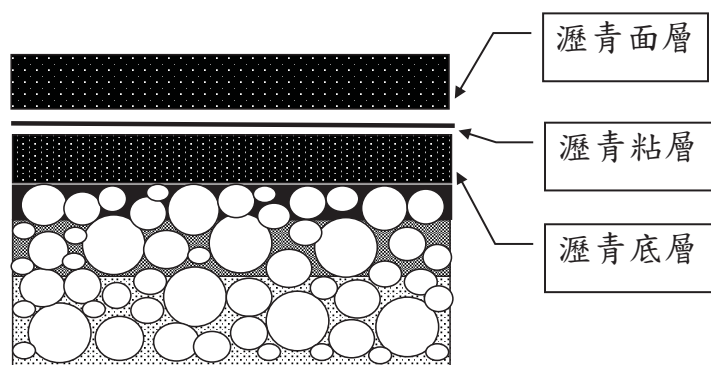
■目的：使兩層間產生良好黏結以增進鋪面結構強度，也防止水侵入層間而造成瀝青剝脫及介面滑動

■材料種類

■油溶瀝青(RC-70)

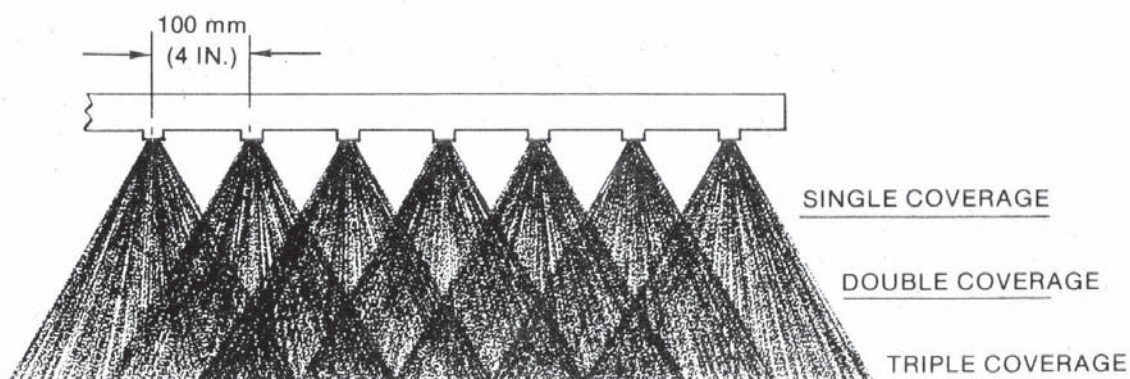
■乳化瀝青

(SS-1、CSS-1h)

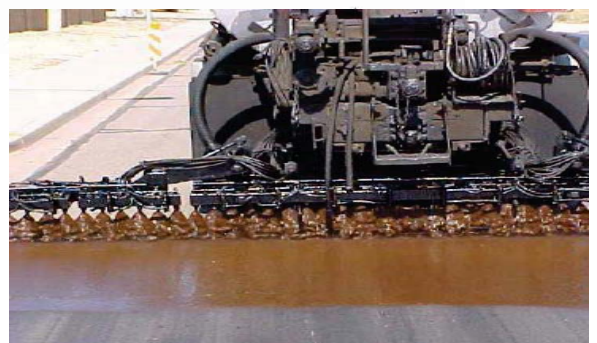


49

# 透、黏層噴灑方式



交叉式三層重疊噴灑



50

## 透、黏層施工要領 (1/4)

- 透、黏層撒佈以機具施作（撒佈機、車），撒佈機應能控制在 $0.1\text{L}/\text{m}^2$ 之許可差內
- 撒佈透、黏層之前，鄰近構造物，應預于遮蓋，以防被濺污
- 透、黏層應於天晴風和時施工，霧天、雨天或施工地點之氣溫低於 $10^{\circ}\text{C}$ 時不得施工



51

## 透、黏層施工要領 (2/4)

- 如發現瀝青材料滲透不良，而呈現凝聚成珠之狀態時，應即停止工作，並檢查其原因後設法改善之
- 如發現乳化瀝青有還原不良之現象時，應即停止工作，並檢查其原因後設法改善之
- 灑佈透層前，底層應含有適當水分，以利透層材料均勻擴散，惟其表面不得有多餘之水分

52

## 透、黏層施工要領 (3/4)

- ❑ 透層澆置後，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，視實際情形酌予延長之
- ❑ 得視底層實際情況，採一次或兩次撒佈，分段或分道撒佈時，需預防重複噴灑，而免用量過多
- ❑ 部分死角噴灑，可採用人工手提撒佈器灑佈



53

## 透、黏層施工要領 (4/4)

- ✦ 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
- ✦ 瀝青混凝土面層應於黏層**乾固後**鋪設
- ✦ 所有表面及新舊路面銜接處之一切浮鬆塵土、樹葉、稻草及其他雜物，均應以清掃機或竹掃帚**清掃乾淨**

54

## 透、黏層噴灑量

種類	油溶瀝青	噴灑量	乳化瀝青	噴灑量
透層	MC-70 中凝	0.9~2.3 L/m <sup>2</sup> (1.4L/m <sup>2</sup> )	SS-1h CSS-1 CSS-1h	0.3~0.9 L/m <sup>2</sup>
黏層	RC-70 快凝	0.1~0.45 L/m <sup>2</sup>	SS-1 CSS-1 CSS-1h	0.25~0.7 L/m <sup>2</sup>
			RS-1 CRS-1快凝	0.11~0.35 L/m <sup>2</sup>

55

## 透、黏層檢驗

- 檢驗透、黏層之撒佈量，係以適當大小之牛皮紙秤重後鋪於撒佈前地面，併同地面一同撒佈透層瀝青，再取出秤重，以推算每m<sup>2</sup>之撒佈量
- 亦可由檢核撒佈總瀝青量及撒佈面積，以推算每m<sup>2</sup>之撒佈量



56

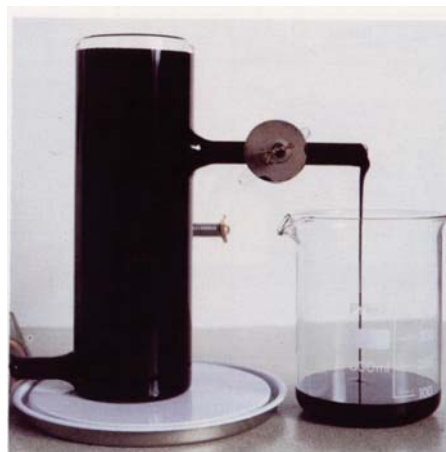
## 肆、瀝青、瀝青混凝土底層及面層



57

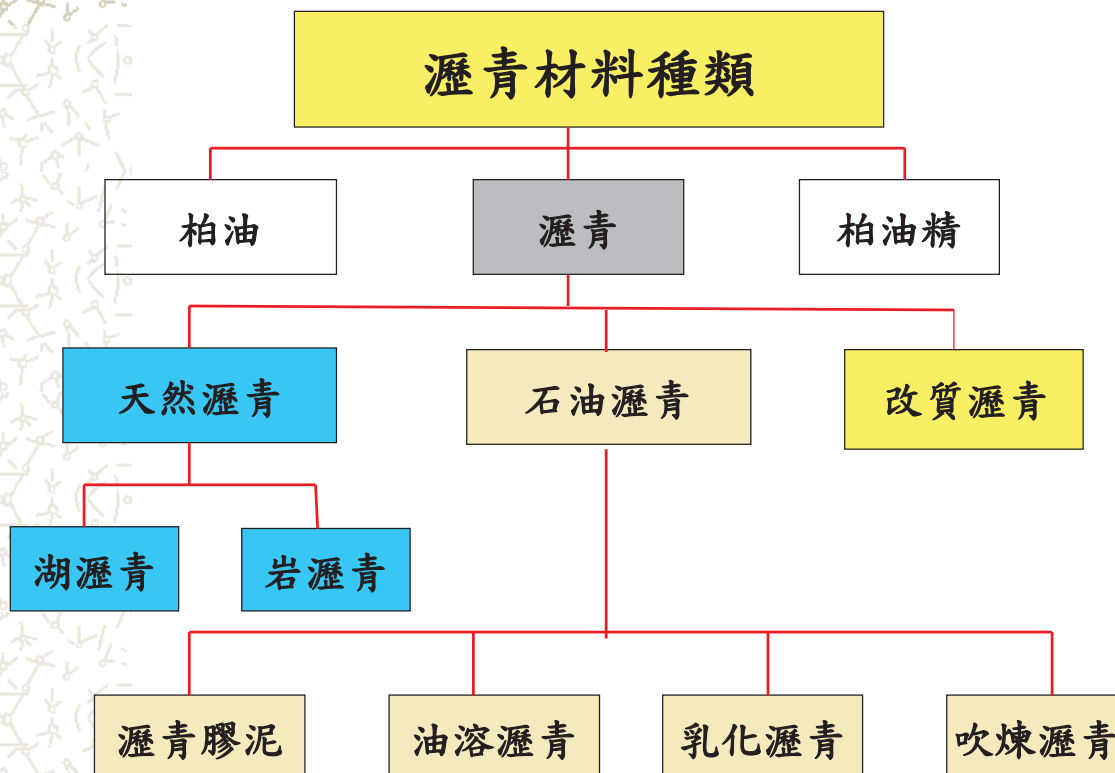
## 瀝青概述

- ✦ 1876年，美國華盛頓特區的賓夕法尼亞大街，採用湖瀝青鋪設第一條瀝青路面
- ✦ 透層及黏層之基本來源均為瀝青膠泥材料
- ✦ 所以首先來了解瀝青(Asphalt/Bitumen)特性



58

# 瀝青概述



59

# 天然瀝青



中美洲的千里達島  
上的千里達湖

- 在1870年代美國構築的第一條熱拌瀝青(HMA)路面
  - 華盛頓首府的賓州大道
  - 採用千里達島(Island of Trinidad)產的天然湖瀝青
- 兩處主要的天然瀝青產地
  - 千里達島
  - 委內瑞拉之百慕達湖

60

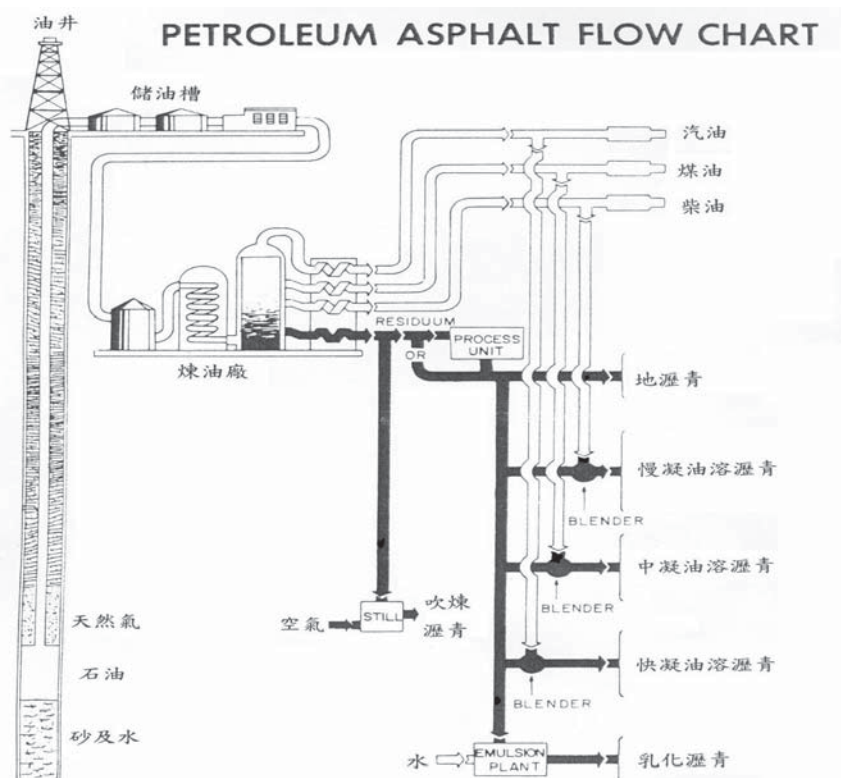
# 石油瀝青

- 在19世紀末鋪路所需的天然瀝青供不應求只好尋求其它來源，而嚐試採用**石油瀝青**
- 石油瀝青是原油中膠質分散的**碳氫化合物**



61

# 石油瀝青



62

## 油溶瀝青 (Cut-back Asphalt)

種類	規範	使用溫度	用途
快凝 (RC-70)	AASHTO M81	40°C~80°C	黏層
中凝 (MC-70)	AASHTO M82	50°C以上	透層
慢凝 (SC-70)	AASHTO M83	55°C以上	很少使用

63

## 乳化瀝青 (Emulsified Asphalt)

瀝青加溫磨成小顆粒，加入乳化劑與水混合，待水分蒸發後會還原成地瀝青，種類有：

### — 陰離子 (Anionic)

- 懸浮於水中的瀝青微粒帶負電荷
- 呈鹼性

### — 陽離子 (Cationic)

- 懸浮於水中的瀝青微粒帶正電荷
- 呈酸性

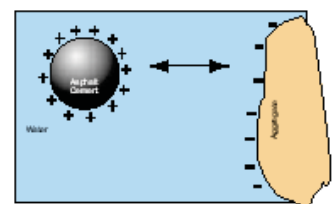


Figure 4.4. Cationic emulsion before breaking

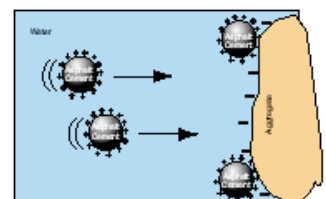


Figure 4.5. Cationic emulsion beginning to break

64



## 乳化瀝青 (CNS 1304 K5016)

種類	殘留針入度	使用溫度	用途
SS-1h陰離子慢凝	40~90	24°C~55°C	透層
SS-1陰離子慢凝	100~200		黏層
CSS-1h陽離子慢凝	40~90		透、黏層
CSS-1陽離子慢凝	100~200		
RS-1陰離子快凝	100~200		黏層
CRS-1陽離子快凝	100~200		

65

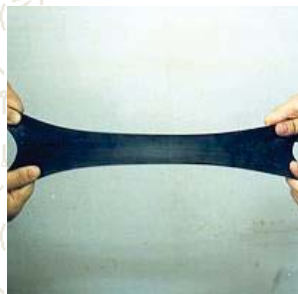
## 改質瀝青

■ 為特定用途道路中使用，瀝青中添加合成樹脂或橡膠等改質劑來提升瀝青的性能。改質瀝青使用在橋梁、高速等重交通道路及陽光直射或雨水積堆嚴重的地方

■ 一般種類

➤ 聚合物 (SBS、SBR、EVA)

➤ 廢棄物再利用 (廢輪胎、木纖)



試驗項目	改質I型	改質II型	改質III型
25°C針入度0.1mm, min	65	50	35
60°C黏度, Pas, min	250	450	800
135°C黏度, cSt, max	3,000	3,000	3,000
閃火點, °C, min	232	232	232
三氯乙烯溶解度, %	99	99	99
離析試驗	試驗紀錄	試驗紀錄	試驗紀錄
25°C彈性回復率, %	60	60	70
4°C針入度, min	15	10	10

66

# CNS改質瀝青規範 (CNS 14184) (109.02.17)

ICS 75.140

CNS 14184:2020

中華民國國家標準

CNS

鋪面用改質柏油

Modified asphalt cement for use in pavement construction

CNS 14184:2020  
K5150

中華民國 87 年 8 月 11 日制定公布

Date of Promulgation:1998-08-11

中華民國 109 年 2 月 17 日修訂公布

Date of Amendment:2020-02-17

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

IV-F型

表 4 IV 型聚合物改質柏油之物理性質要求

試驗項目	品級					
	IV-A	IV-B	IV-C	IV-D	IV-E	IV-F
針入度, 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm (最小值)	90	75	65	50	50	35
黏度, 60 °C, 1 s <sup>-1</sup> , poise <sup>(a)</sup> (最小值)	1,250	4,000	2,500	6,000	4,500	8,000
勁粘度, 135 °C, cSt (最大值)	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
閃點(克氏開口杯), °C (最小值)	232	232	232	232	232	232
三氯乙烯中溶解度 <sup>(b)</sup> , % (最小值)	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
離析試驗(瑞典小珠法)之階段及底熱軟化點差值, °C <sup>(c)</sup>	報告	報告	報告	報告	報告	報告
以滾動磨損試驗(RTFOT)殘餘物進行試驗 <sup>(d)</sup>						
彈性回復率, 25 °C, 10 cm 伸長, % (最小值)	60	70	60	70	60	70
針入度, 4 °C, 200 g, 60 s, 1/10 mm (最小值)	20	20	15	15	10	10

註<sup>(a)</sup> 使用改良式科伯(毛細)管(Koppers tube)或美國瀝青協會(Asphalt Institute)之科伯管之黏度計量測。  
<sup>(b)</sup> 溶解度試驗亦可用濃硝酸取代三氯乙烯。  
<sup>(c)</sup> 135 °C黏度量測(依 CNS 14249 規定)可用以替代軟化點測定。若黏度變化大於 10 %須記錄之。須謹慎使用此試驗評估分散的聚合物系統。若累積足夠數據支持此類標準時, 可得到實際限值。相對某材料離析試驗之結果未必適用於其他材料。由此有可能指出在工地之錯誤用料。此試驗結果可作為建立工地處理程序之指導綱要。離析值出現大的差異時, 表示此材料在儲存期間須維持攪拌。  
<sup>(d)</sup> 亦可用薄薄法試驗殘餘物進行試驗, 但應以滾動磨損法試驗殘餘物進行試驗作為爭議解決之試驗法。

67

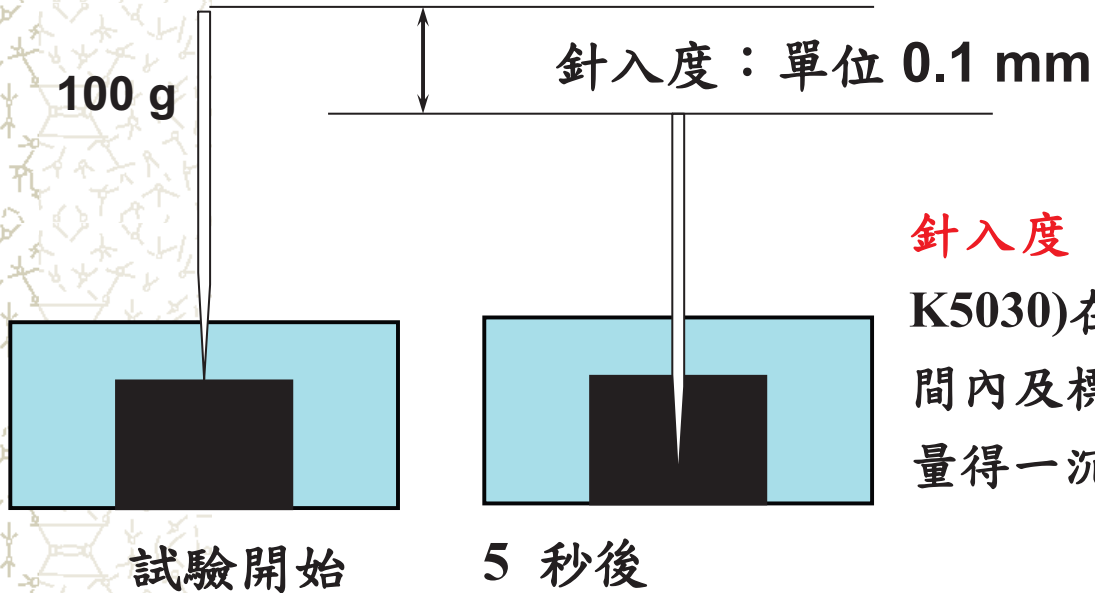
## 瀝青膠泥分類

- 瀝青 (ASPHALT) 提供包裹粘結粒料、防止水分滲入。
- 瀝青依其軟硬程度分級，為針入度，目前逐漸改用粘(滯)度分類

68

# 針入度試驗

- 一般縫紉用的針
- 指定荷重、荷重時間、及樣品溫度 (25°C)



針入度 (CNS2260 K5030)在一定之時間內及標準重量下量得一沉陷值

69

# 針入度試驗

## 瀝青膠泥針入度試驗



Photograph 5.1 - The penetration test



70

# 以針入度分級的瀝青規範

✿ AASHTO M20 分五個等級 (CNS2260 K5030)

等級	備註
40~50	
60~70	高速公路用
85~100	台灣地區最常用
120~150	
200~300	

71

## CNS2260 K5030 針入度分級品質範圍

試驗項目	40~50		60~70		85~100		120~150		200~300	
	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值
針入度, 25 °C, 100g, 5 s	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
閃點, °C, 最小值, (克氏開口杯)	232	—	232	—	232	—	219	—	177	—
延性, 25 °C, 5 cm/min, 最小值, cm	100	—	100	—	100	—	100	—	100 <sup>(1)</sup>	—
三氯乙烯溶解度, 最小值, wt. %	99.0	—	99.0	—	99.0	—	99.0	—	99.0	—
經薄膜烘箱試驗後, 殘餘柏油與原柏油之針入度百分比, %	55+	—	52+	—	47+	—	42+	—	37+	—
經薄膜烘箱試驗後之延性, 25 °C, 5cm/min, 最小值, cm	—	—	50	—	75	—	100	—	100 <sup>(1)</sup>	—

72

## 瀝青黏度分類

- ✦ 採用玻璃粘度試驗管，測取瀝青流經固定距離所需時間，換算成粘度
- ✦ 粘度越大瀝青越硬，即針入度越小
- ✦ 目前逐漸採用旋轉式粘度計，以60°C定溫測其扭力
- ✦ 粘度分類又分AC及AR兩種



73

## 瀝青黏度分類

- ✦ AC分級以原始瀝青-CNS 15073 K5156表1、表2，使用黏度儀量得，國內路面工程常用
- ✦ AR分級以滾動薄膜熱損試驗（RTFOT）後之黏度為準- CNS 15073 K5156表3，民航局採用）
- ✦ 美國自1995年新一代SUPERPAVE的分類法：成效分類法（PG）

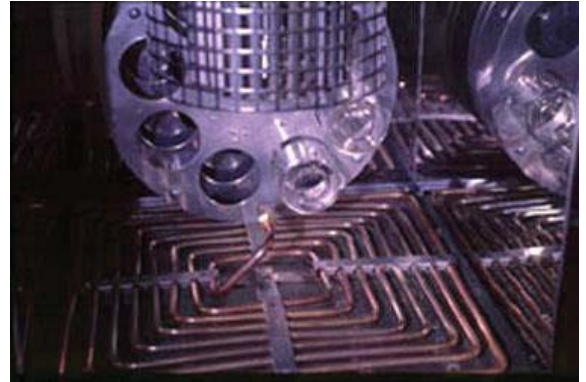
74

# 老化試驗/設備



薄膜烘箱試驗

滾動薄膜烘箱試驗



75

# 瀝青黏度 (1/3)

## 試驗

### 絕對黏度 (Absolute viscosity)

- 具有計時記號之U型管，填入瀝青試樣
- 放在  $60^{\circ}\text{C}$  水盆中
- 抽真空使經由管子抽動瀝青
- 紀錄通過記號之時間
- 黏度，以 **Pa·s (Poise)** 表示

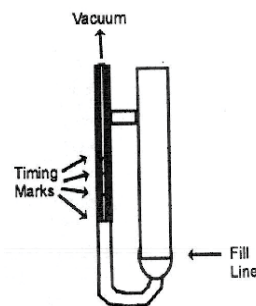


Figure 4. Asphalt Institute Vacuum Viscometer



76

## 瀝青黏度 (2/3)

### ● 動黏度 (Kinematic viscosity)

- 具有計時記號之交叉管，填入瀝青試樣
- 放在  $135^{\circ}\text{C}$  水盆中
- 一旦開始，瀝青靠本身重力在管內移動
- 紀錄通過記號之時間
- 黏度以  $\text{mm}^2 / \text{s}$  (centistoke, cSt) 表示

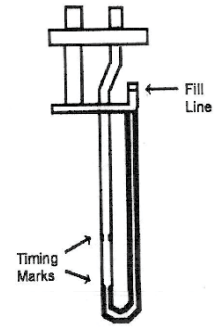
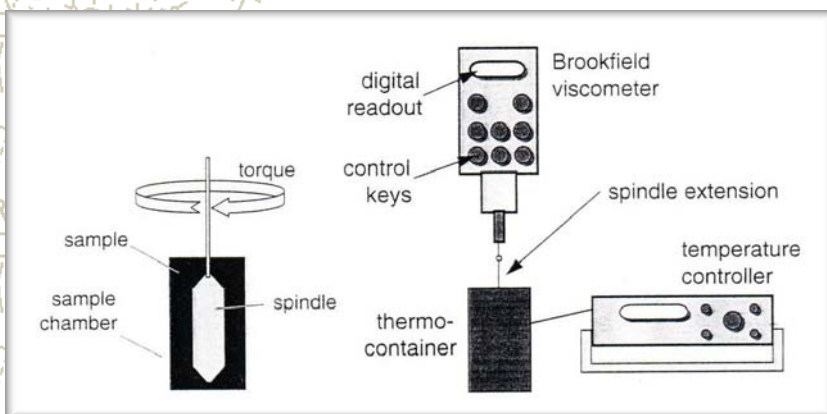


Figure 5. Zietfuchs Cross-Arm Viscometer

77

## 瀝青黏度 (3/3)



較現代化的儀器  
測其扭力  
(旋轉式黏度儀)



78

# CNS 15073 K5156表1

試驗項目 Poises	黏度分級品質範圍				
	AC1-2.5	AC1-5	AC1-10	AC1-20	AC1-40
黏度，60 °C，P	250±50	500±100	1000±200	2000±400	4000±800
黏度，135 °C，最小值，cSt	80	110	150	210	300
針入度，25 °C，100g，5 s， 最小值	200	120	70	40	20
閃點，°C，最小值，(克氏開口 杯)	163	177	219	232	232
三氯乙烯溶解度，最小值， wt.%	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
經薄膜烘箱試驗後之殘餘柏 油：					
黏度，60 °C，最大值，P	1,250	2,500	5,000	10,000	20,000
延性，25 °C，5 cm/min，最小 值，cm	100 <sup>(1)</sup>	100	50	20	10

79

# CNS 15073 K5156表2

試驗項目	黏度分級品質範圍					
	AC2-2.5	AC2-5	AC2-10	AC2-20	AC2-30	AC2-40
黏度，60 °C，Poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
黏度，135 °C，最小值，cSt	125	175	250	300	350	400
針入度，25 °C，100g，5 s， 最小值	220	140	80	60	50	40
閃點，°C，最小值，(克氏開 口杯)	163	177	219	232	232	232
三氯乙烯溶解度，最小值， wt.%	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
經薄膜烘箱試驗後之殘餘柏 油：						
黏度，60 °C，最大值，P	1,250	2,500	5,000	10,000	15,000	20,000
延性，25 °C，5 cm/min，最 小值，cm	100 <sup>(1)</sup>	100	75	50	40	25

80

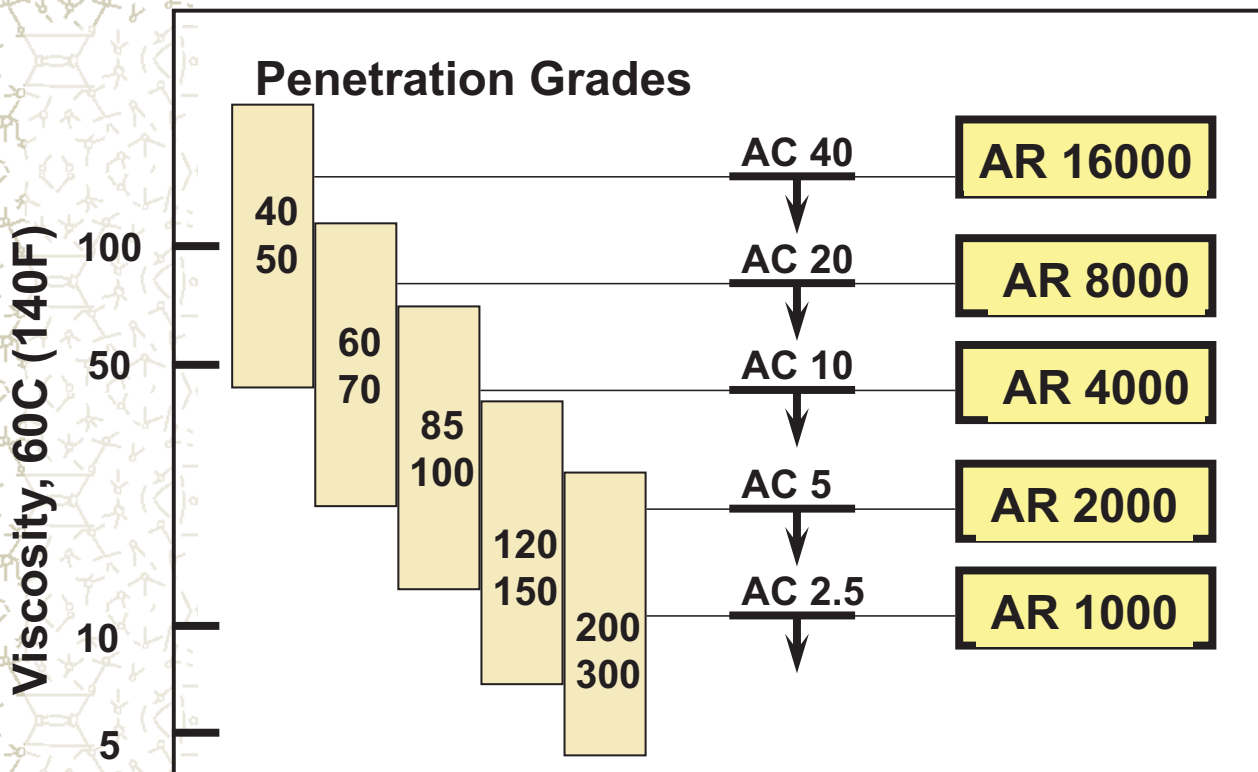


# CNS 15073 K5156表3

經滾動薄膜烘箱試驗後 之殘餘柏油之試驗 <sup>(1)</sup>	黏度分級品質範圍				
	AR-1000	AR-2000	AR-4000	AR-8000	AR-16000
黏度，60 °C，Poises	1000±250	2000±500	4000±1000	8000±2000	16000±4000
黏度，135 °C，最小值，cSt	140	200	275	400	550
針入度，25 °C，100 g，5 s， 最小值	65	40	25	20	20
與原柏油針入度之比，25 °C， 最小值，%	—	40	45	50	52
延性，25 °C，5 cm/min，最小 值，cm	100 <sup>(2)</sup>	100 <sup>(2)</sup>	75	75	75
原柏油之試驗：					
閃點，°C，最小值，(克氏開口 杯)	205	219	227	232	238
三氯乙烯溶解度，最小值，wt.%	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0

81

## 三種瀝青分級制之近似關係



82

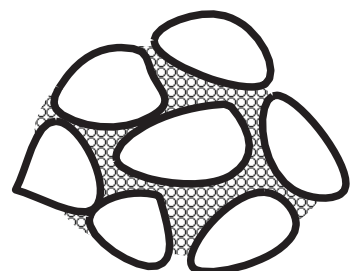
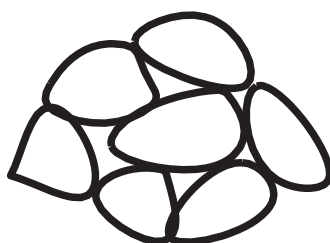
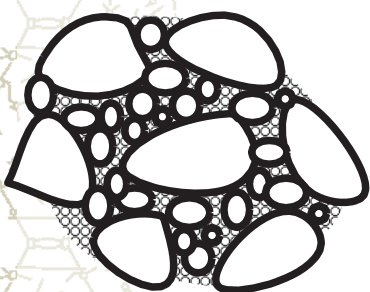
## 瀝青等級選用參考表

氣溫條件	適用地瀝青等級	
	輕交通量	重交通量
寒冷 (年平均氣溫 $\leq 7^{\circ}\text{C}$ )	AC-5 AR-2000 120/150針入度	AC10 AR-4000 85/100針入度
溫暖 (年平均氣溫 $7\sim 24^{\circ}\text{C}$ )	AC-10 AR-4000 85/100針入度	AC-20 AR-8000 60/70針入度
炎熱 (年平均氣溫 $\geq 24^{\circ}\text{C}$ )	AC-20 AR-8000 60/70針入度	AC-40 AR-16000 40/50針入度

83

## 瀝青混凝土粒料

- ◆ 瀝青混凝土粒料約佔**95%**，提供主要**體積**、**承載荷重**、**抵抗變形**、產生**抗滑**表面等作用
- ◆ 粒料之材質、粒形、級配會影響其性能，國內常用**密級配**及**開放級配**兩種。目前部份單位正嘗試**石膠泥瀝青混凝土 (SMA)**



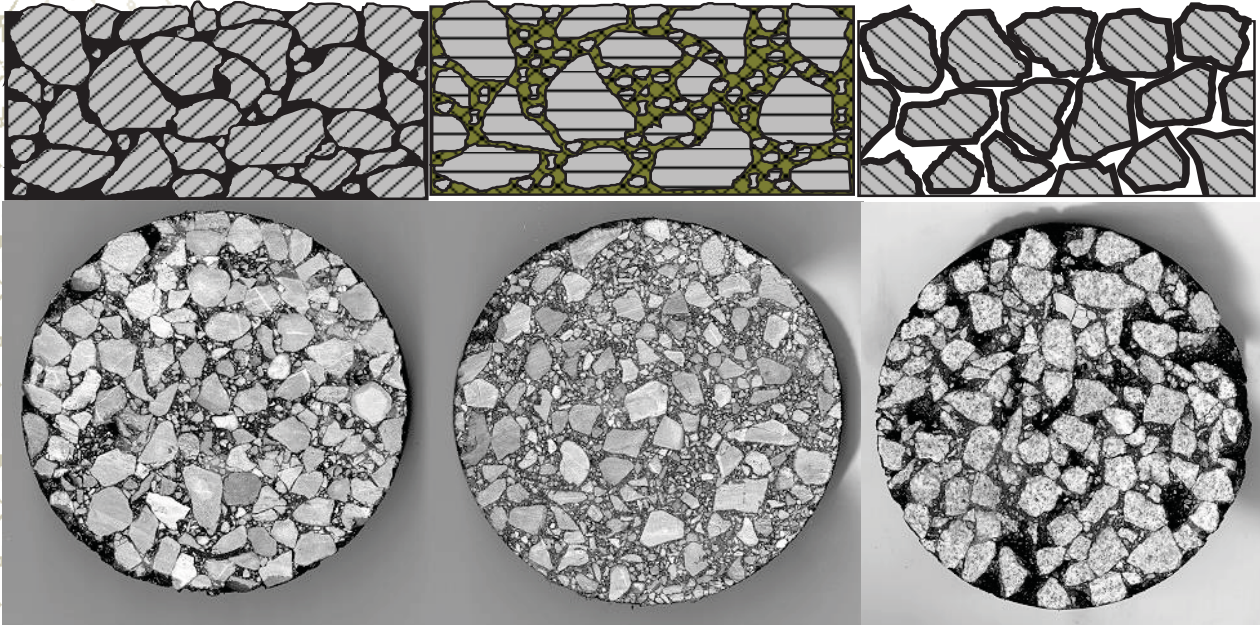
84

## 各類瀝青之比較

SMA

傳統密級配

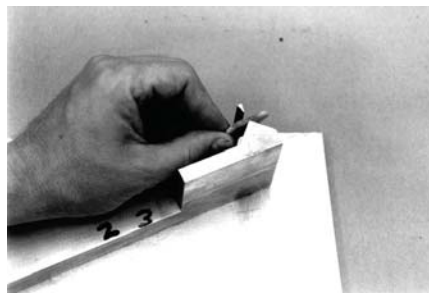
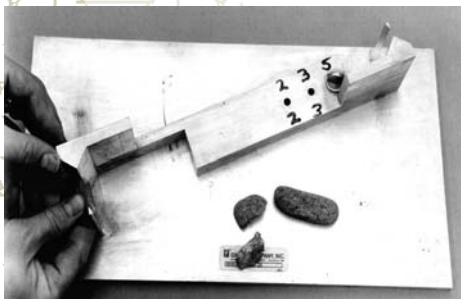
多孔隙鋪面



85

## 粗粒料 (1/4)

- A. 指停留於2.36mm (8號) 篩上者，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 (美國是以4.75mm四號篩)
- B. 以重量計，粒料中至少應有 **75%** 為碎石顆粒，且扁平狹長之顆粒 (寬度與厚度之比或長度與寬度之比大於3者) 不得超過 **10%**



86

## 粗粒料 (2/4)

C. 粗粒料依CNS 490 A3009，經洛杉磯磨損試驗500轉後之磨損率：

- 用於底層、聯結層及整平層者不得大於50%
- 面層者不得大於40%
- 用於磨耗層者不得大於35%



87

## 粗粒料 (3/4)

D. 粗粒料依 CNS 1167 A3031(AASHTO T104) 試驗法，經5次循環之硫酸鈉健度試驗結果，其重量損失不得大於12%



88

## 粗粒料 (4/4)

F. 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，不得在石料堆放場所混合



89

## 細粒料

- A. 指通過**2.36 mm (8號)** 篩者包括石屑、天然砂或兩者之混合物
- B. 細粒料依 **CNS 1167 A3031(AASHTO T104)** 試驗法，經**5次**循環之**硫酸鈉**健度試驗結果，硫酸鈉溶液之方法其重量損失不得大於**15%**
- C. 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，不得在粒料堆放場所混合

90

## 礦物填縫料 (Mineral Filler)

- A. 粗細粒料經混合結果缺少通過0.075 mm (200號) 篩時需使用之，瀝青混凝土加入填縫料可提高軟化點、增進穩定性、減少空隙率
- B. 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小於4之無機物粉末，惟不得含有塊狀物
- C. 礦物填縫料級配表

試驗篩 (mm)	通過方孔試驗篩之重量百分率
0.60 (No. 30)	[100]
0.30 (No. 50)	[95~100]
0.075 (No.200)	[70~100]

91

## 防剝劑

- 某些粒料與瀝青間之親合度 (黏結性) 較低，其所產生瀝青混凝土經過水分侵襲後容易發生剝離現象，因而必須及加入防剝劑
- 目前在瀝青混凝土中加入的防剝劑大部分為生石灰，也有使用水泥或其他化學物藥劑



92

# 瀝青混凝土級配組成

在相同原料下，瀝青混凝土之性能受粒料級配及瀝青含量影響，有多種設計 (ASTM D3515)

試驗篩 (mm)	過篩重量百分率				
	1 1/2in	1in	3/4in	1/2in	3/8in
50 (2in)	100				
37.5 (1 1/2in)	90~100	100			
25 (1.0in)	----	90~100	100		
19 (3/4in)	56~80	----	90~100	100	
12.5 (1/2in)	----	56~80	----	90~100	100
9.5 (3/8in)	----	----	56~80	----	90~100
4.75 (#4)	23~53	29~59	35~80	44~74	55~100
2.36 (#8)	15~41	19~45	23~49	28~58	32~67
1.8 (#16)	----	----	----	----	----
0.6 (#30)	----	----	----	----	----
0.3 (#50)	4~16	5~17	5~19	5~21	7~23
0.15 (#100)	----	----	----	----	----
0.075 (#200)	0~6	1~7	2~8	2~10	2~10
瀝青含量(%)	3~8	3~9	4~10	4~11	5~12

93

## 伍、瀝青混凝土配合設計

- ✓ 早期的馬克當碎石路，灌入式馬克當路面
- ✓ 有了廠拌瀝青混凝土後出現Pat Test
- ✓ Bitulithic專利迫使採用小粒徑
- ✓ Hubbard配比設計法
- ✓ 威氏法用於冷拌料
- ✓ 馬歇爾法(Marshall)，是目前使用最多
- ✓ 美國1995年開始使用Superpave法

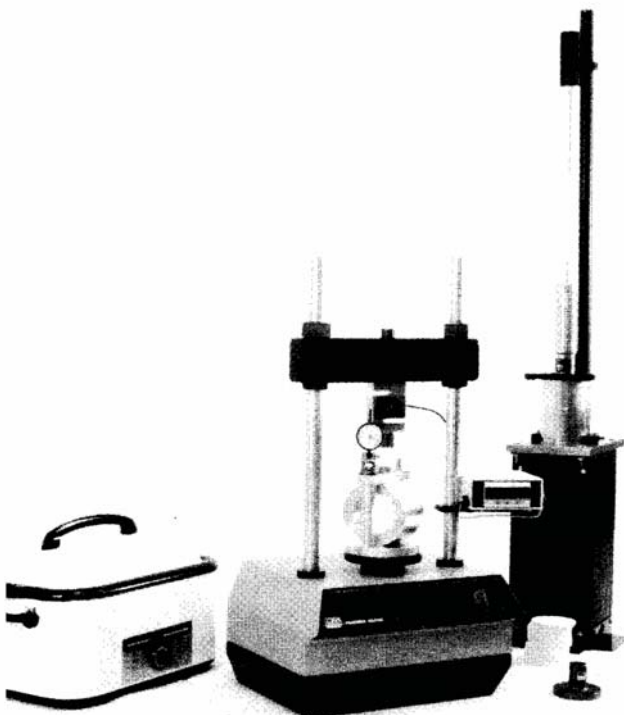
94

# SuperPave-SGC 旋轉壓實機



95

# 馬歇爾配合設計法



- ✓ 直徑100 mm、高63 mm試體
- ✓ 4.54 kg夯錘提高457.2 mm (18in)自由落下
- ✓ 測60°C馬歇爾穩定值

96



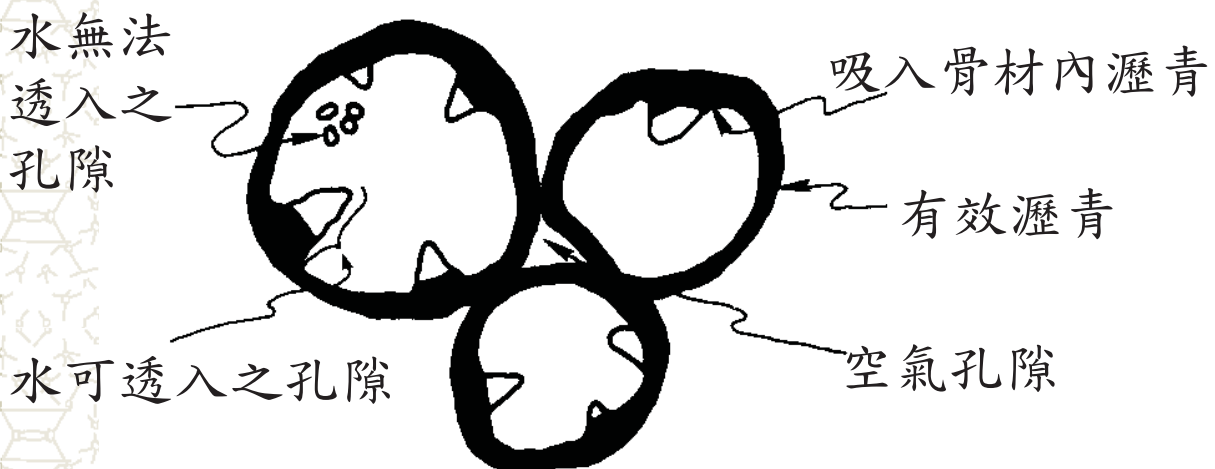
# 馬歇爾配合設計規範值

	輕交通量 ESAL < 10 <sup>4</sup>	中等交通量 10 <sup>4</sup> < ESAL < 10 <sup>6</sup>	重交通量 ESAL > 10 <sup>6</sup>
--	--------------------------------	---	--------------------------------

每面夯打次數	35	50	75
穩定值 N (lb.)	3336 (750)	5338 (1200)	8006 (1800)
流度值, 0.25 mm (0.01 in)	8 to 18	8 to 16	8 to 14
空隙率, %	3 to 5	3 to 5	3 to 5
粒料間孔隙(VMA)	依標稱最大粒徑而定		
瀝青填充率 (V.F.A) %	65~75		

97

## 瀝青混凝土之粒料間孔隙(VMA)



由VMA控制耐久性

98

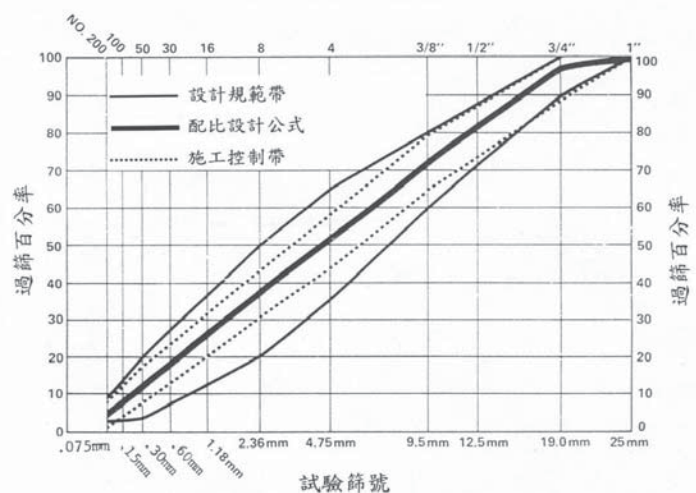
# VMA最低要求

標稱最大粒徑	設計空隙率%		
	3.0	4.0	5.0
mm (in)			
9.5 (3/8)	14	15	16
12.5 (1/2)	13	14	15
19.0 (3/4)	12	13	14
25.0 (1.0)	11	12	13

99

# 馬歇爾配合設計流程 (1/7)

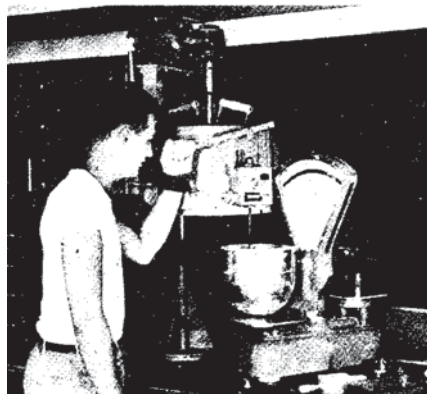
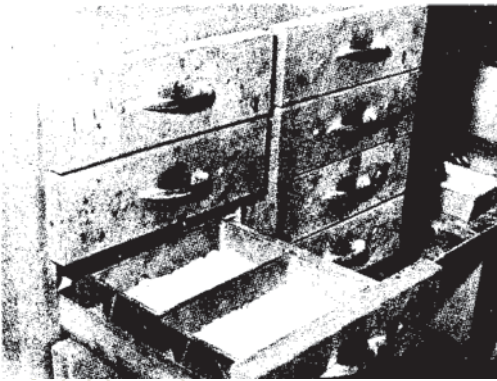
- 粒料級瀝青性質試驗
- 計算粒料配合比，使符合規範要求
- 拌和粒料（5組不同瀝青含量）



100

## 馬歇爾配合設計流程 (2/7)

- 粒料及瀝青分別加溫
- 加入預定比例之瀝青，拌和之
- 夯製試體

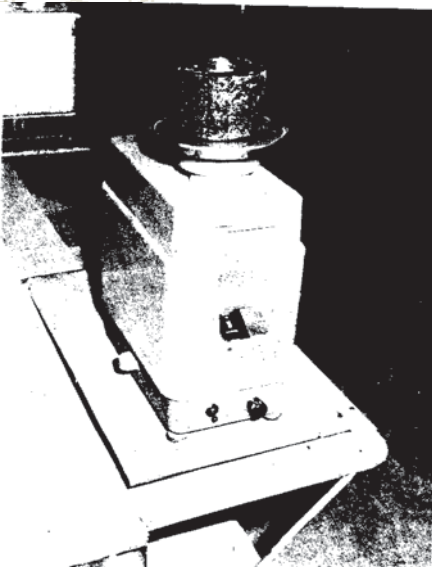


101

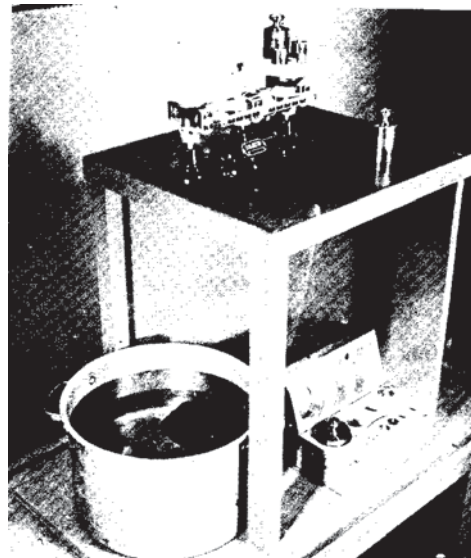
## 馬歇爾配合設計流程 (3/7)

- 測試試體之**密度及單位重**

稱空氣重



稱水中重



102

## 馬歇爾配合設計流程 (4/7)

☛ 測試試體以60°C水浸置，進行**穩定值**及**流度**

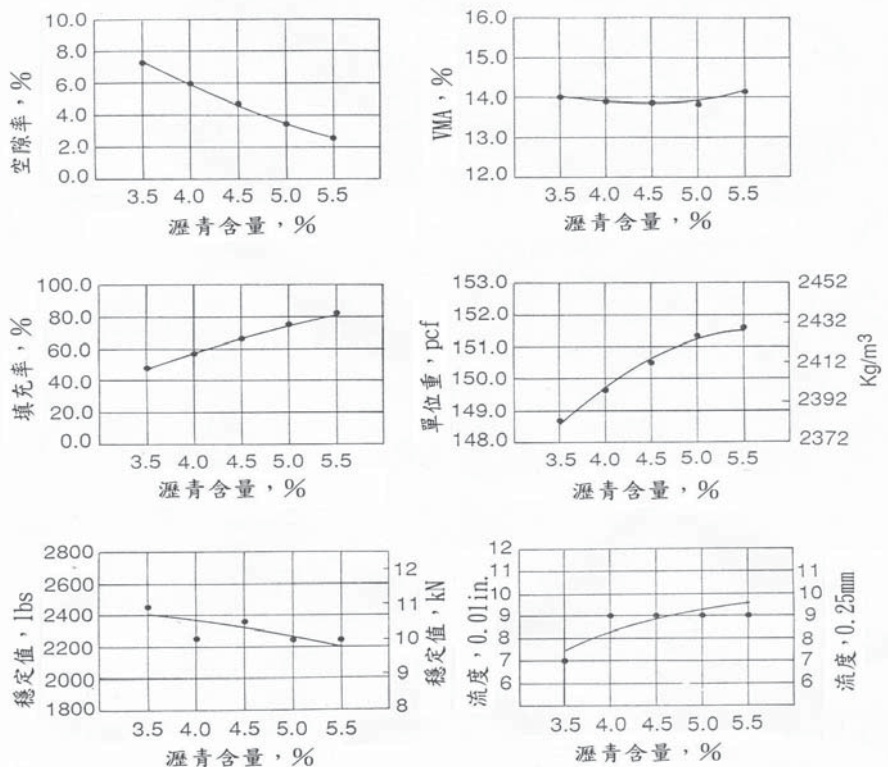


103

## 馬歇爾配合設計流程 (5/7)

☛ 計算分析**空隙率**、**VMA**、**填充率**

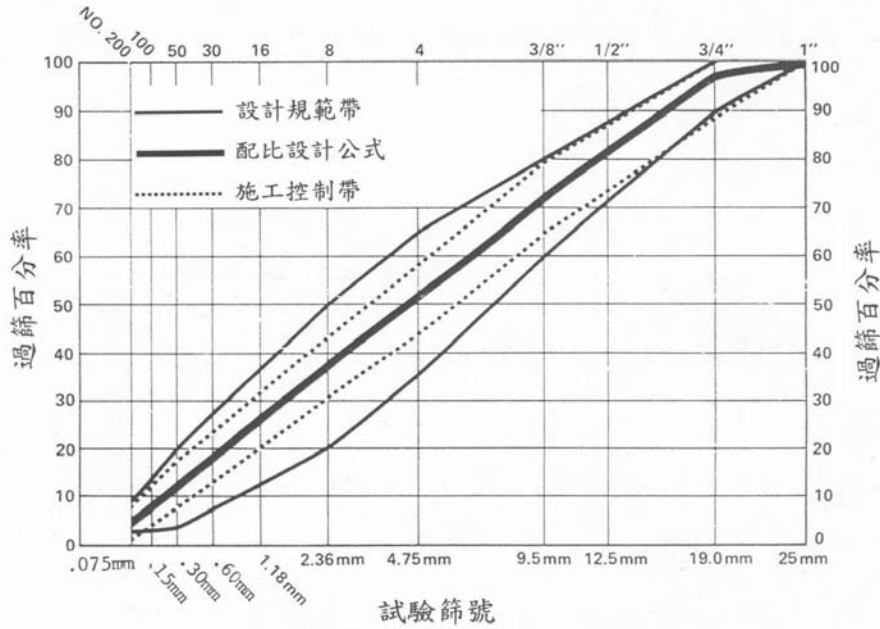
☛ 繪製各性能對**瀝青含量**之關係圖



104

## 馬歇爾配合設計流程 (6/7)

◆ 選擇最適配比做為工地拌合公式 (JMF)



105

## 馬歇爾配合設計流程 (7/7)

AC各性質之可接受瀝青含量範圍圖

單位重,  $\text{kg/m}^3$

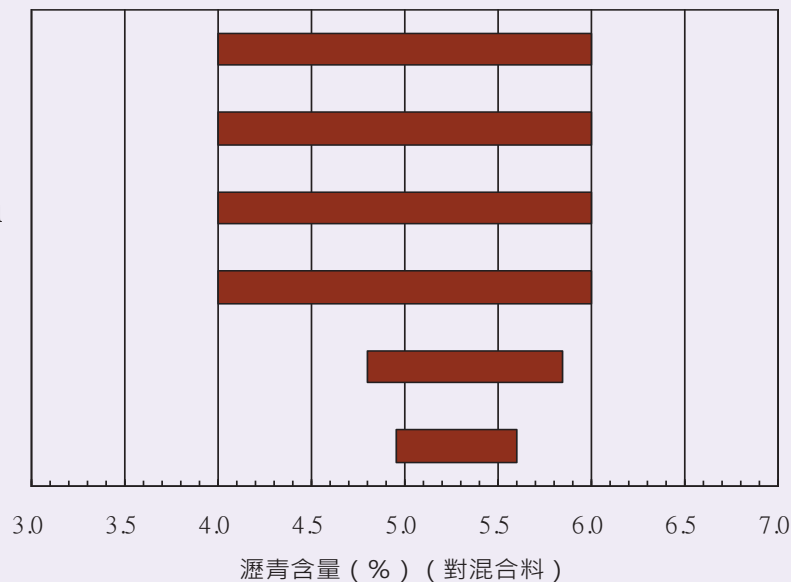
穩定值,  $\text{kgf}$

流度值,  $0.25 \text{ mm}$

VMA, %

Va, %

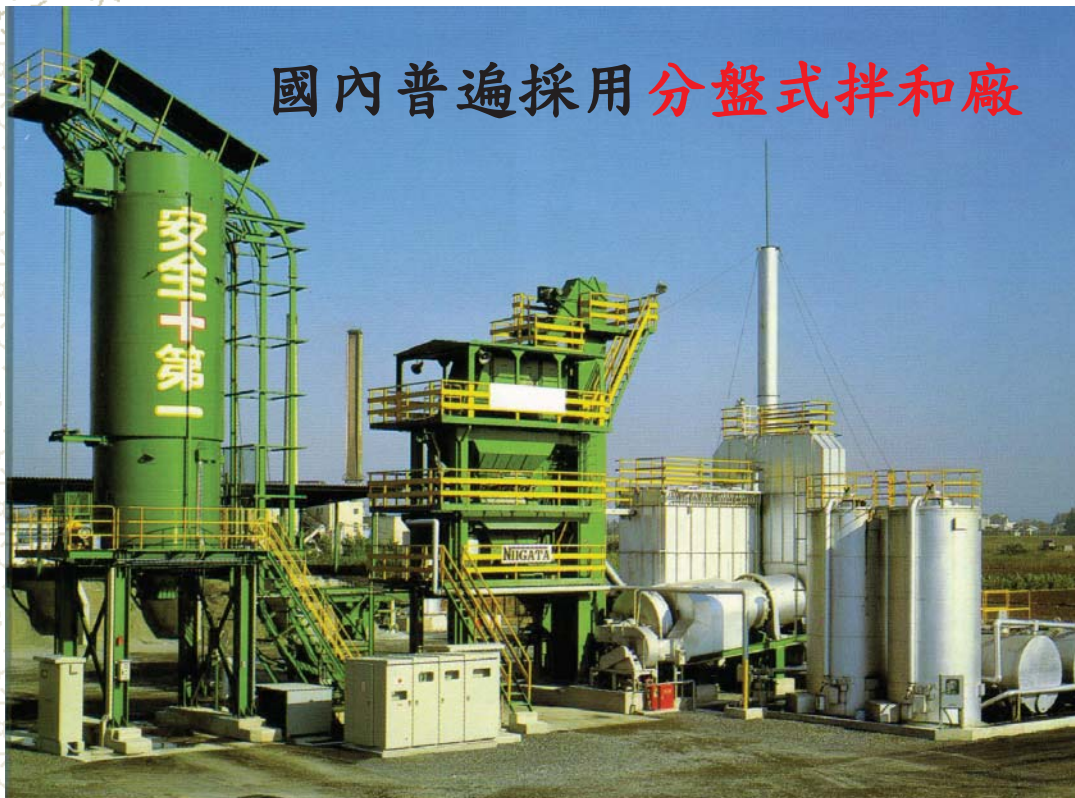
VFA, %



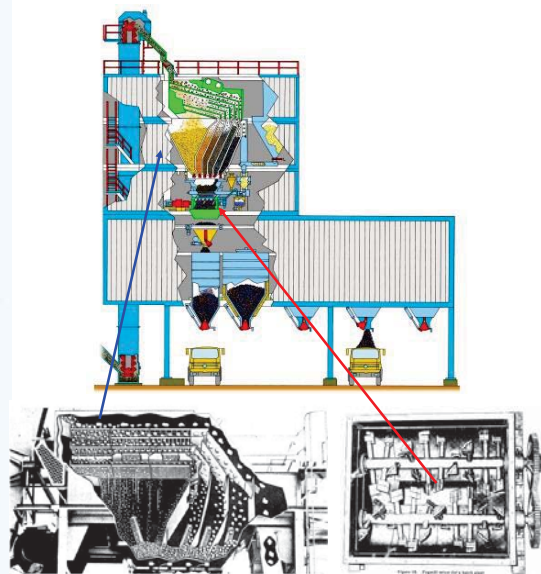
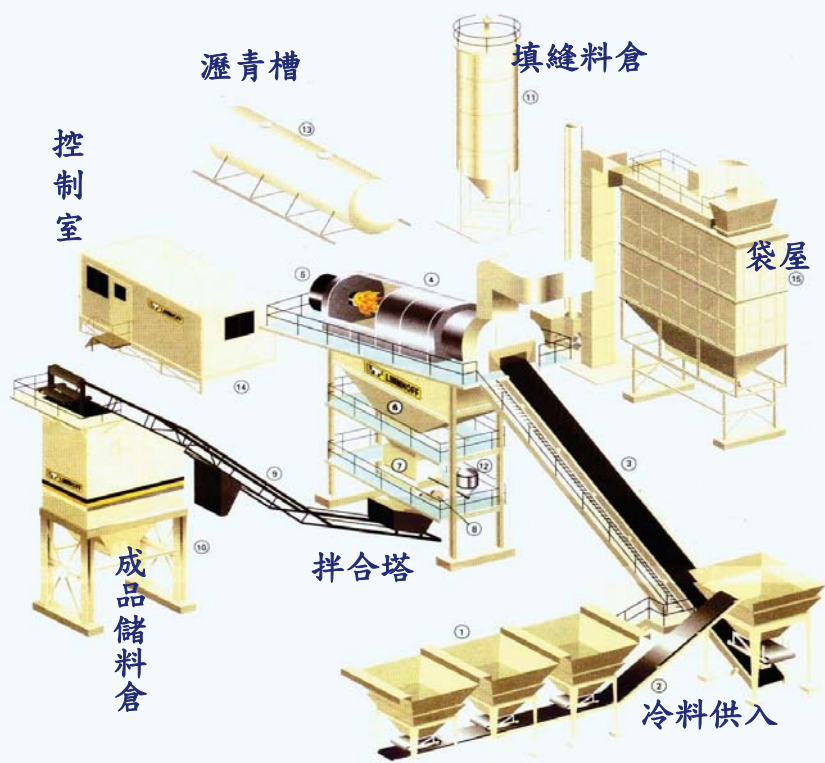
106

# 瀝青混凝土產製—分盤式、連續式

國內普遍採用分盤式拌和廠



# 瀝青混凝土產製—分盤式



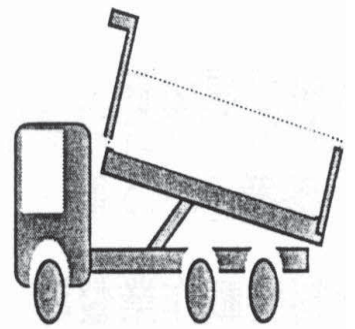
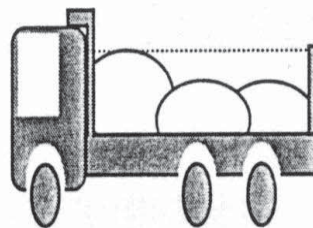
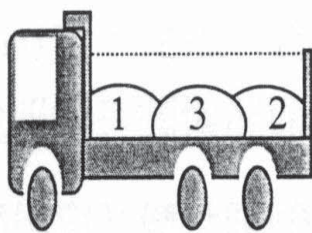
## 正確裝載熱拌料順序

(a) 第一盤裝載

(b) 第四盤裝載

(c) 完成裝載後，  
拌合料坍平。

《拌合機開口》



109

## 陸、瀝青混凝土施工要領

- ◆ 瀝青混凝土應於晴天及氣溫在10°C以上，且底層、基層、路基或原有路面表面需乾燥無積水現象、清掃潔淨後方可鋪築
- ◆ 霧天及雨天不得施工
- ◆ 如有坑洞或低凹不平之處，應先填補整修滾壓堅實
- ◆ 施工前應以清掃表面浮鬆塵土及其他雜物，清掃寬度至少應較路面鋪築寬度各邊多30cm

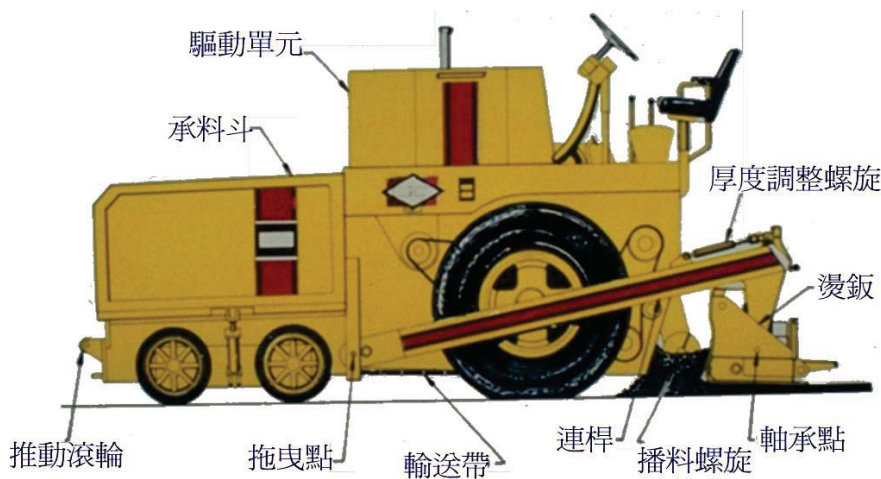
110

# 施工步驟

工廠拌和 → 運輸 → 鋪裝機鋪設 → 初壓 → 膠壓 → 整平壓 → 開放交通



# 自走式鋪裝機



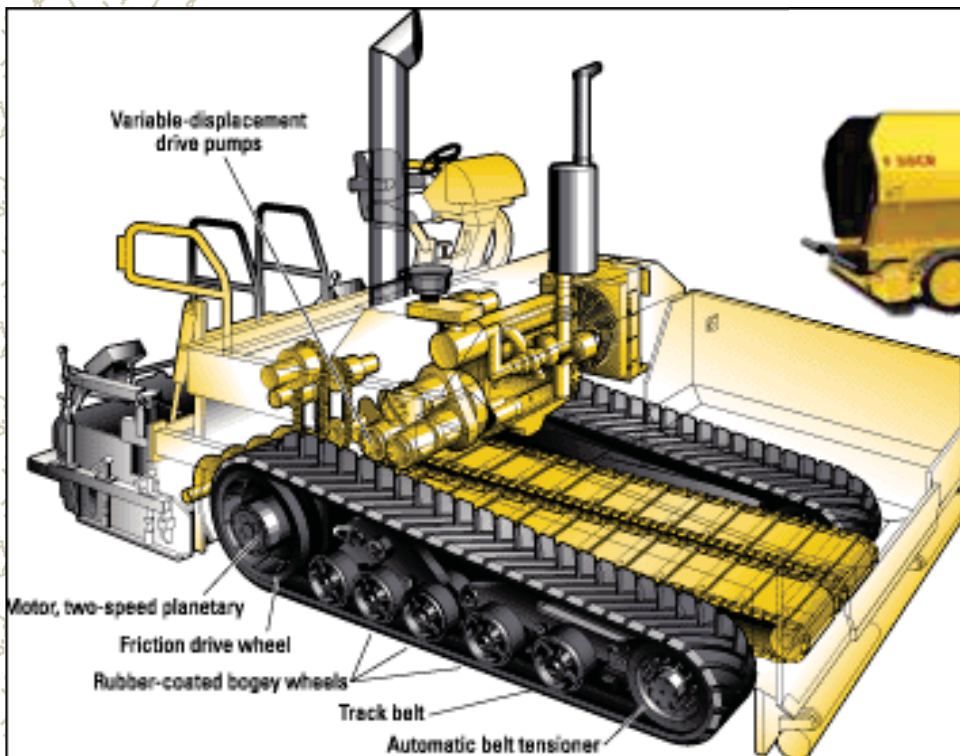
輪胎自走式



履帶自走式



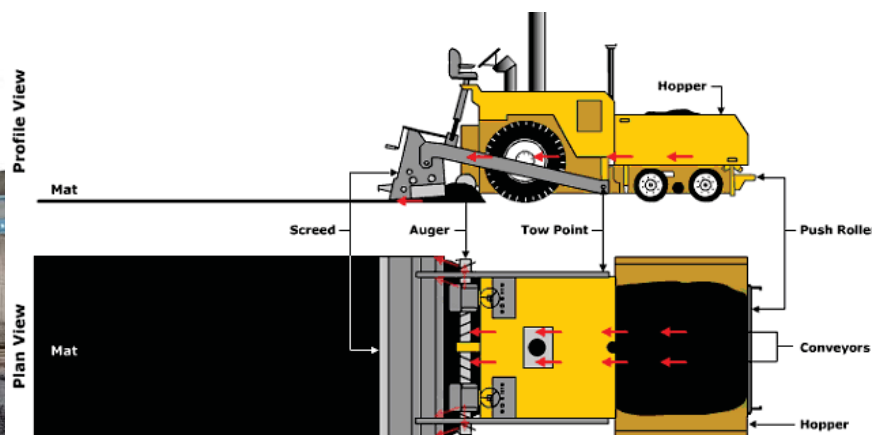
# 履帶式鋪裝機



113

# 瀝青鋪面鋪築 (1/3)

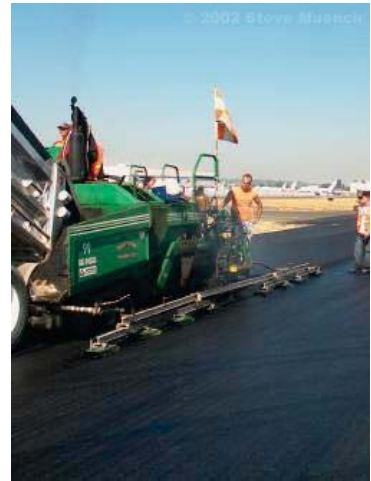
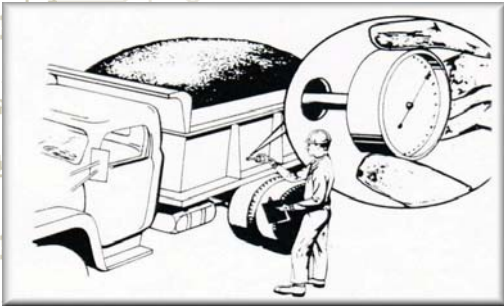
- 應以瀝青鋪築機鋪築
- 鋪築前應先測定準線
- 緣石、邊溝、人孔、原有面層之垂直切面及建築物表面與AC相接處，應全部以黏層均勻塗刷



114

## 瀝青鋪面鋪築 (2/3)

- 鋪築機之速度須妥為控制，使瀝青混合料不得有**析離現象**，表面均勻平整，經壓實後能符合線形、坡度及橫斷面規定
- 瀝青混合料倒入鋪築機時之溫度，不得低於120°C



115

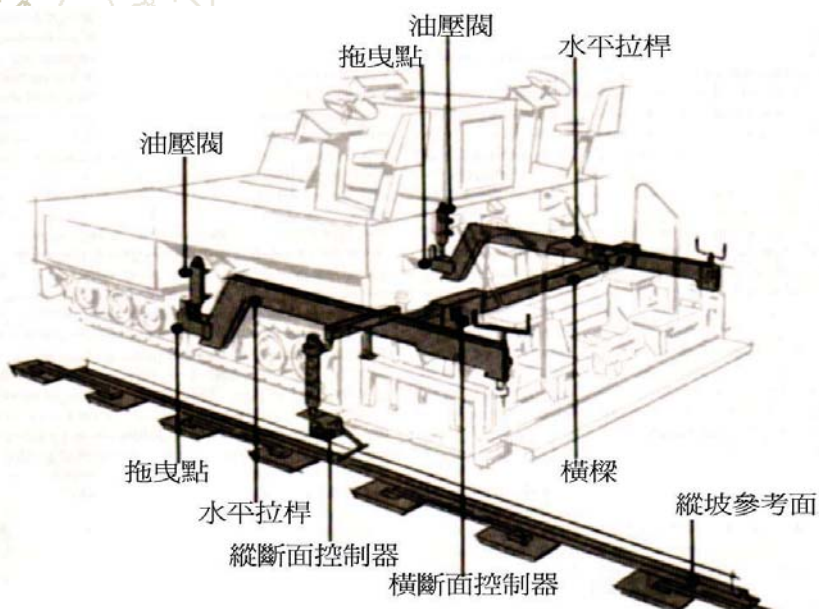
## 瀝青鋪面鋪築 (3/3)

- 鋪築作業應盡可能連續，鋪築機後面應配有足夠之鏟手及耙手等工人，以修正瑕疵
- 鋪築機不能到達處，先將AC堆放在鐵板上，再由工人以熱工具鏟入耙平均鋪築
- 工具之加熱溫度不可高於AC之鋪築溫度



116

## 鋪裝機能鋪平的工具：雪靴/平衡梁



117

## 鋪築作業 (1/3)

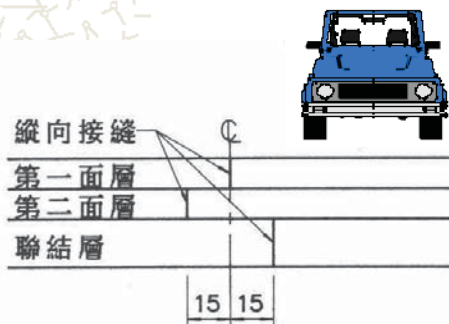
- 分層鋪築或原路面加封，應於鋪築前二小時內，將前一層之表面清潔，並均勻噴灑黏層



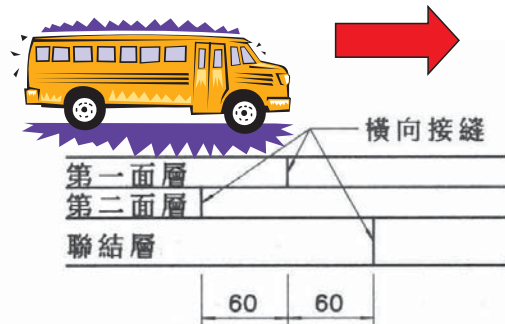
118

## 鋪築作業 (2/3)

- 分層鋪築，其各層縱橫接縫，不得鋪築在一垂直面上，縱向接縫應相距15cm以上，橫向接縫至少相距60cm，宜接近分道線



縱向接縫施工示意圖



橫向接縫施工示意圖

119

## 鋪築作業 (3/3)



橫向縫

縱向縫



120

# 瀝青混合料運輸



傾卸式半拖車



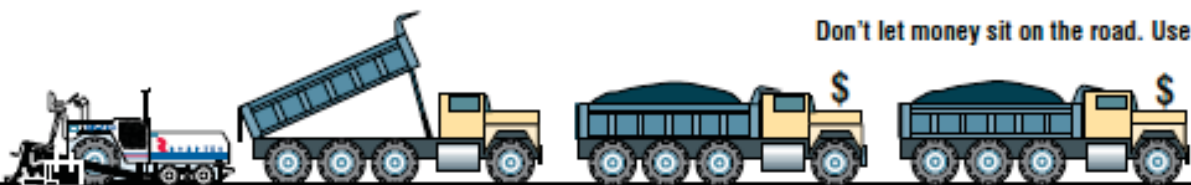
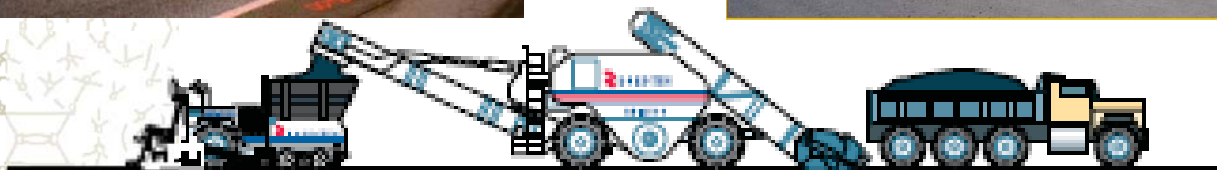
腹卸式半拖車



特製多軸輸送車

121

# 熱料運轉車



Don't let money sit on the road. Use fewer trucks.

122

## 欲獲得高品質的瀝青鋪面的關鍵



保持穩定且持續不間斷的鋪築作業

123

## 滾壓 (1/11)



Photograph 13.3 – A traditional deadweight roller

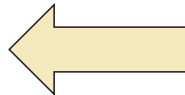
有良好的滾壓，路面才會有好的成效表現

124

# 滾壓 (2/11)

## 滾壓順序

- 初壓
- 次壓 (膠壓)
- 終壓 (整平壓)

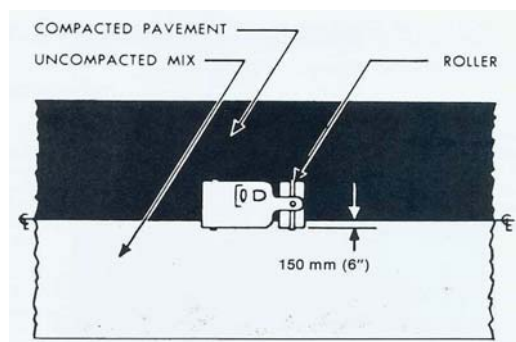
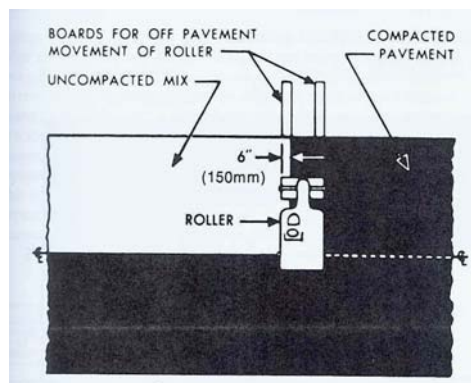


125

# 滾壓 (3/11)

## 滾壓步驟

- ▶ 橫向接縫
- ▶ 縱向接縫
- ▶ 車道外側邊緣
- ▶ 初壓
- ▶ 次壓
- ▶ 終壓



126

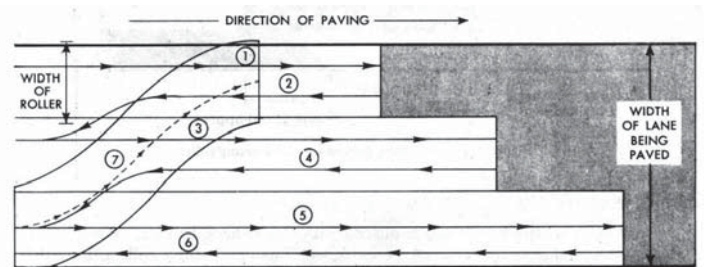
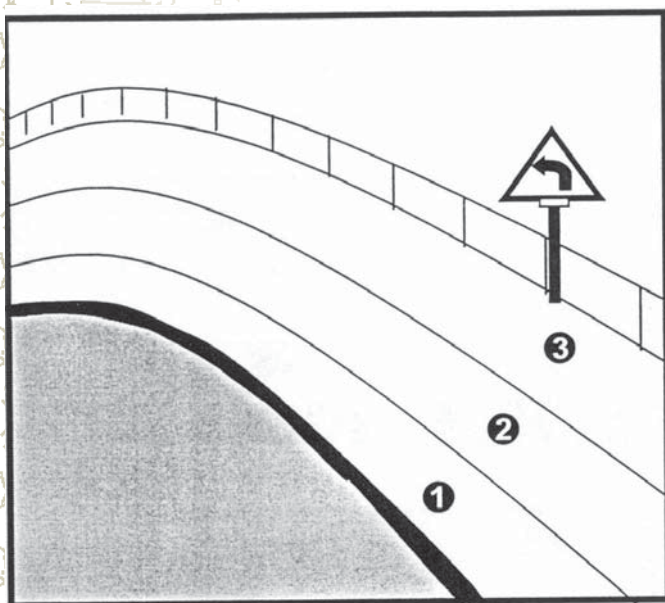
## 滾壓 (4/11)

瀝青混凝土鋪設後，當能承載壓路機而不致發生過度位移或毛隙裂縫時，約為 **110~125°C** 時應即開始初壓

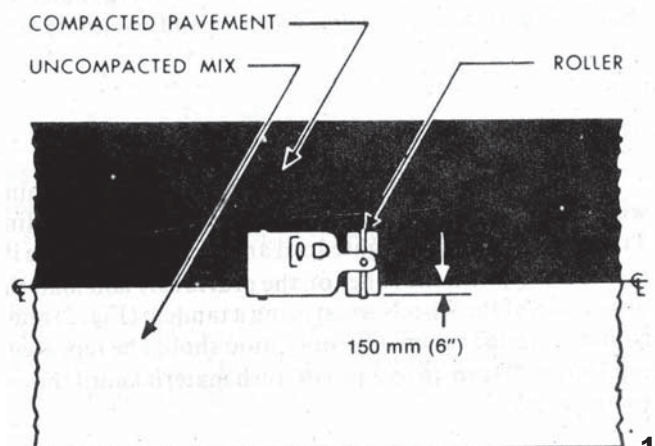
滾壓應 自車道外側邊緣開始，再逐漸移向中心，滾壓方向應與路中心線平行，每次重疊後輪之半。在曲線超高路面，滾壓應自 **低側** 往 **高側** 向滾壓

127

## 滾壓 (5/11)



This is a recommended rolling pattern. Every pass of the roller should proceed straight into the compacted mix and return in the same path. After the required passes are completed, the roller should move to the outside of the pavement on cooled material and repeat the procedure.



128

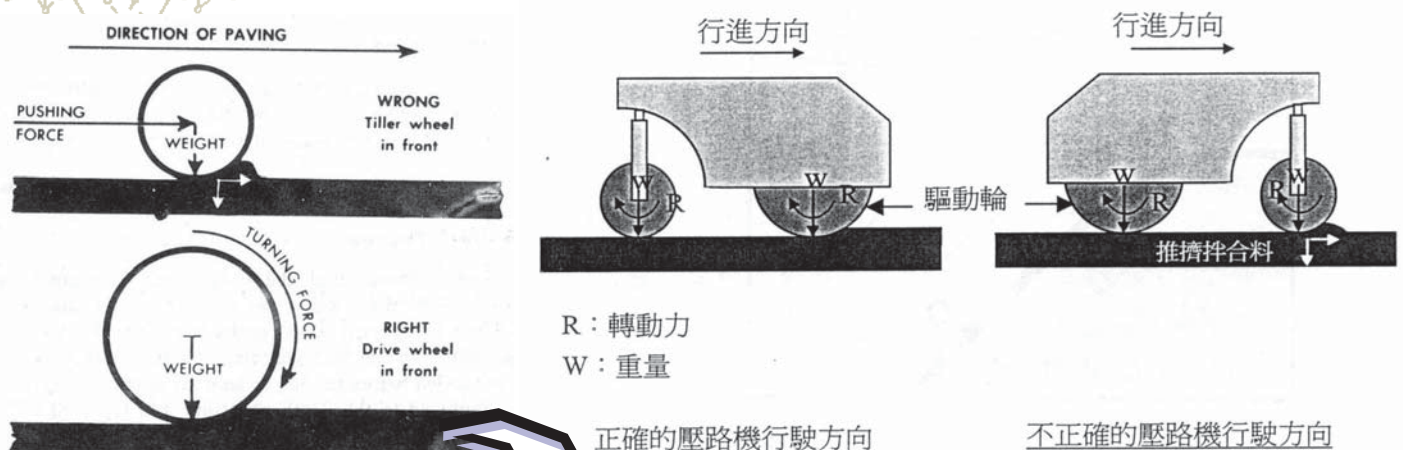


## 滾壓 (6/11)

- ❗ 壓路機滾動之驅動輪需朝向鋪築機，並與鋪築機同方向進行，然後順原滾壓路徑退回至堅固處，始可移動滾壓位置
- ❗ 壓路滾之鐵輪應保持濕潤，以免沾附瀝青混和料於鐵輪表面上，為水量不宜過多，以免流入於瀝青混和料內
- ❗ 壓路滾之滾壓速度，**初壓時不得超過3 km/hr**，其餘不得超過**5 km/hr**

129

## 滾壓 (7/11)



130

## 滾壓 (8/11)

- ✘ 在任何情形下，滾壓速度緩慢，且不得在滾壓面上急轉彎、緊急煞車，中途突然反向滾壓，以免發生拌合料位移
- ✘ 如發生拌合料位移時，均應立即以熱齒耙耙平，或挖除後換新混合料予以改正
- ✘ 壓路機不能到達之處，應以小型震動機充分夯實



131

## 滾壓 (9/11)

- ✘ 緊隨初壓之後，即以膠輪壓路機依上述方法滾壓3~4趟，務使瀝青混合料達到規定之密度（壓實度）
- ✘ 膠輪滾壓速度不得超過5 km/hr，通常與初壓壓路機之距離為60 m，滾壓溫度約為82°C~100°C



132

## 滾壓 (10/11)

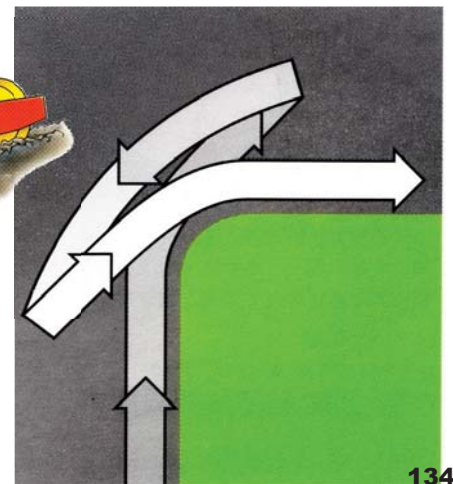
- 最後再以6~8噸二輪壓路機進行終壓(整平壓)，直至表面無輪痕跡為止，滾壓時需注意混合料溫度不得低於65°C



133

## 滾壓 (11/11)

- 滾壓時，盡可能整段路面得到均勻之壓實度
- 滾壓後路面之路拱、高程及平整度應符合規定
- 滾壓後路面應禁止交通至少6h或溫度降至50°C以下



134

## 再生瀝青混凝土 (RAP) (1/3)

- 由於暴露大氣中長期受紫外線照射、氧化及濕氣等影響，瀝青逐漸變硬或變脆（老化）
- 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，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」



135

## 再生瀝青混凝土 (RAP) (2/3)

- 為減少工程用粒料需求量及有效利用可用資源，規定路面工程應採用一定比例之再生瀝青混凝土
- 供應再生瀝青混凝土之工廠應經審查認可
- 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
- 再生瀝青混凝土之材料組成比例，須依配合設計決定，RAP使用量不得超過40%
- 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」

136

## 再生瀝青混凝土 (RAP) (3/3)

A. 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

B. 針入度（25°C、5 Sec、100g）：**20**以上

✦ 生產熱拌再生瀝青混凝土之拌和廠，必須加裝再生瀝青混凝土**粒料之專用加熱爐**，能夠分別烘乾新粒料或處理再生瀝青混凝土粒料之設備

✦ 回收瀝青黏度試驗：應檢測其瀝青之**60°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**±35%**

137

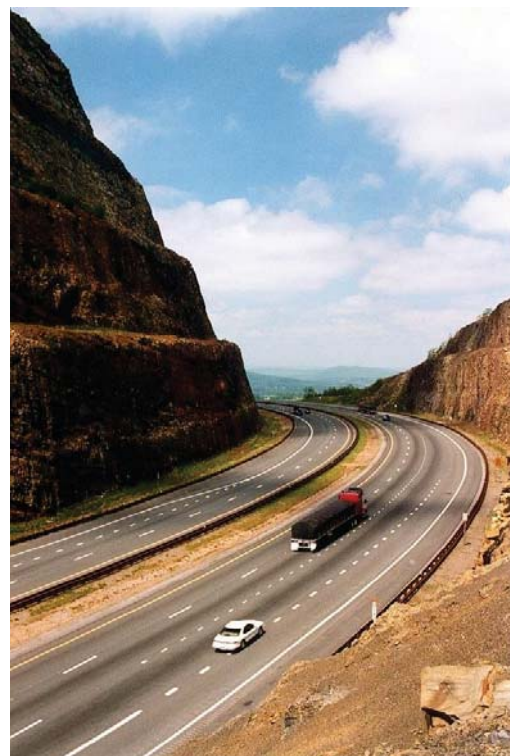
## 瀝青混凝土檢驗

✦ 粒料級配及瀝青含量

✦ 平坦度

✦ 鋪築厚度

✦ 壓實度



138

## 粒料級配及瀝青含量

- ✿ 施工中瀝青混凝土須定時抽樣檢驗粒料級配及瀝青含量頻率為每半天抽驗乙次（每天二次）
- ✿ 採用 AASHTO T30（抽取粒料之篩析法）及 AASHTO T164（溶劑萃取法）
- ✿ 目前有引進較環保的燃燒法。



139

## 粒料級配及瀝青含量許可差

篩號	許可差%
12.5 mm (1/2 in) 以上	± 8
9.5 mm (3/8 in) 及 4.75 mm (#4)	± 7
2.36 mm (#8) 及 1.18 mm (#16)	± 6
600 μm (#30) 及 300 μm (#50)	± 5
75 μm (#200)	± 3
瀝青含量 (對混合料重量比%)	± 0.5

140

## 平坦度檢驗

- 完成後之路面應具平順、緊密及均勻表面
- 以3m長直規或平坦儀沿平行或垂直道路中心線檢測
- 其高低差之值，底層完成面不得超過 $\pm 0.6$  cm，面層完成面不得超過 $\pm 0.3$  cm
- 平坦度超過規定，承包商應改善至合格為止
- 有微小高凸處、接縫及蜂巢表面均應以熱燙板燙平



141

## 鋪築厚度

- 路面完成後，以隨機方法決定檢測位置，每 $1,000$  m<sup>2</sup>鑽取一件樣品，依 CNS 8755 A3147 檢驗
- 檢驗結果：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



142

# 壓實度

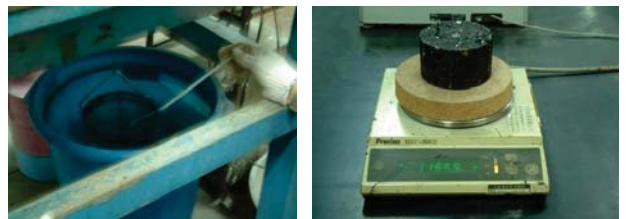
- 瀝青混凝土滾壓完成後需留有適當孔隙，以備通車壓密之後，仍有足夠孔隙以容納瀝青熱天膨脹之體積，故壓實度不宜太高，部分規範訂有壓實度上限值
- 工地密度可用鑽心試體測取或用核子密度儀直接測取，我國大多採用**鑽心試體**

143

## 壓實度：工地夯實試體密度基準法

- ✦ 以**一天施工量**為一檢驗批，取瀝青混合料樣品
- ✦ 在室內夯製**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%**

$$\text{壓實度 (\%)} = \frac{\text{鑽心試體密度}}{\text{標準試體密度}} \times 100\%$$



144

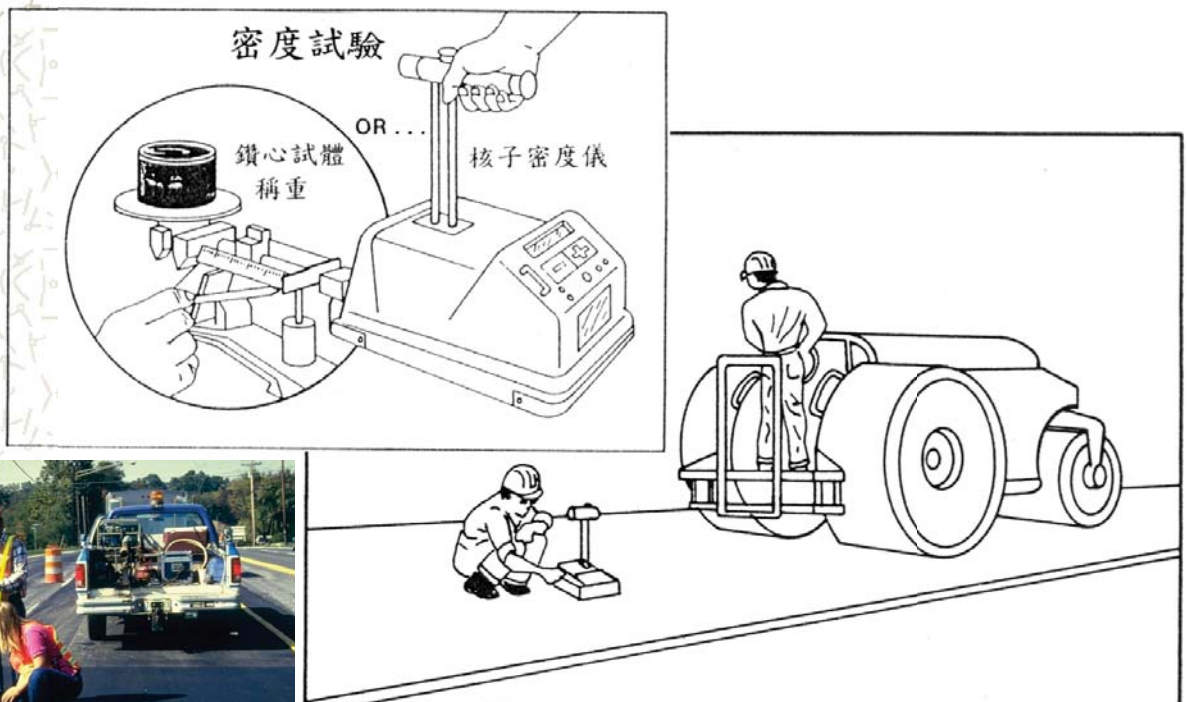


## 壓實度：理論最大密度基準法

- 抽驗工地用料之瀝青含量及配比設計時所測得之**比重數據**
- **計算**各檢驗批之理論最大密度（假設為無空隙狀態之最大密度）或以試驗法直接求得，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%**

145

## 以核子密度儀檢核密度



146

# 新式電子密度儀



# 不飽和聚酯(UP)樹脂拌合粒料




宜蘭縣三星鄉自行車道

羅東鎮旅館入口坡道



## 不飽和聚酯(UP)樹脂拌合粒料(面層) + 瀝青刨除料(底層)

第02742章 瀝青混凝土鋪面	第02795章 透水性混凝土磚	第02798章 多孔瀝青混凝土鋪面	本研究
[粗級配瀝青混凝土品質規定]	[透水地磚品質規定]	[配合設計基準]	[UP面層]
穩定值 $\geq 600$ kgf	透水係數 $\geq 1 \times 10^{-2}$ cm/sec	滲透係數 $\geq 0.01$ cm/sec	滲透係數 $\geq 0.3$ cm/sec
流度 8~16 (0.25 mm)	抗壓強度 $\geq 280$ kgf/cm <sup>2</sup>	現場透水量 $\geq 900$ mL/15 sec	現場透水量 $\geq 1,300$ mL/15 sec
[密級配瀝青混凝土品質規定]		穩定值 $\geq 350$ kgf	穩定值 $\geq 2,500$ kgf
不同交通量之最小穩定值 (kgf) 重816, 中544, 輕340		流度值：8~16 (0.25 mm)	流度值：2~6 (0.25 mm)
不同交通量之流度 (0.25 mm) 重8~14, 中8~16, 輕8~18		孔隙率：15~25 % (目標值20%左右)	[刨除料底層]
			穩定值 $\geq 400$ kgf 孔隙率 $\geq 20$ %

## 參 考 文 獻

- 張家瑞，瀝青混凝土及配比設計，國立宜蘭大學土木工程學系授課講義
- 張家瑞，2021經濟部所屬單位授課，經濟部國營事業委員會，漫談道路工程及管線挖掘作業，民國110年10月14日
- 張家瑞，瀝青混凝土鋪面施工與檢驗，第11360期（中油企業大學-土木工程監造）講習班，台灣中油股份有限公司，民國111年7月12日
- 交通部公路總局受理挖掘公路作業程序手冊，2017.08
- 林志棟、陳順興，工程品質管理案例研討(道路工程)，行政院公共工程委員會公共工程品質管理人員訓練
- [瀝青混凝土路面施工及檢驗基準] 授課資料，行政院公共工程委員會公共工程品質管理人員訓練
  - 朱登子 (2007.10)
  - 黃博仁 (2008.09)
  - 陳順興 (2009.06)
  - 林志棟 (2016.03)
  - 張家瑞 (2022.05)