

混凝土介紹

授課講師：湯輝雄 委員

混凝土定義

- 凡膠結材料結合砂、石、摻品等拌合而成者，皆謂之混凝土 (Concrete)。
- 一般所謂混凝土，係指由水、水泥、粗骨材、細骨材及摻料五種材料所組成之人造材料。
- 混凝土各種材料，依功用分為黏結材（水泥糊體）與填充材（骨材）。
- 優良混凝土之基本要求為：(1)安全 (2)耐久 (3)經濟。

混凝土之優缺點

優點：

- (1) 最優之特性為抗壓強度大
- (2) 耐久性、耐火性、耐磨性、隔熱性、隔音性佳
- (3) 造型、取材、生產、澆置容易
- (4) 成本低廉。

缺點：

- (1) 自重較大，約 2300 kg/m^3
- (2) 具脆性、易生龜裂
- (3) 品質控制較不易
- (4) 模板費高，約佔混凝土工程費之25%
- (5) 抗拉強度差，約為抗壓強度之10%
- (6) 硬化後修改及拆除困難。

水泥

■ 定義

1. 水泥與水拌合後，產生化學變化，進而硬化產生強度，此過程即為水泥水化。
2. 只能在空氣中硬化的膠結材料，稱為「氣硬性膠結材料」。例如：石膏、石灰、苦土水泥。在空氣中及水中皆可硬化的膠結材料，稱為「水硬性膠結材料」。

波特蘭水泥分類

- (I) 普通水泥：用於不需要其他任一種水泥所具有之特性之用途。如一般建築。
- (II) 改良水泥：適於一般用途，特別是當需要中度硫酸鹽抗力或中度水化熱時。如巨大橋墩、擋土牆等。
- (III) 早強水泥：用於需要高度早期強度者。欲儘速拆除模板者、或搶修工程。
- (IV) 低熱水泥：用於需要低度水化熱者。如巨積混凝土。
- (V) 抗硫水泥：用於需要高度硫酸鹽抗力者。如海中工程、下水道工程等。

水泥水化作用

- 1.初凝：水泥由拌和到顯示塑性狀態所需之時間，一般需在1小時以上。
- 2.終凝：水泥完全失去可塑性，凝結成具脆性之固體，一般需在10小時以內。
- 3.硬化：混凝土強度與硬度逐漸增加而形成硬固之狀態。

水泥之包裝

1. 水泥依供應方式分為袋裝及散裝兩種。
2. 袋裝水泥每包50 kg，水泥單位重 1500 kg/m^3 ，故每立方公尺約30包。
3. 紙袋通常使用3~5層之牛皮紙製成，另有防潮包裝用紙袋。
4. 包裝紙袋上需註明廠牌、出廠時間、細度等。
5. 依據水泥運輸距離、儲存時間、工程規模及管理情形等，選擇包裝之種類。
6. 用量1000噸以上之大工程，以使用散裝水泥較經濟，且有助混凝土品質控制。

水泥之貯存

1. 水泥到庫時應清點數量、觀察外觀判斷是否有受潮情形，並登記到庫時間、數量及廠牌，必要時可抽樣送實驗室檢驗。
2. 實驗室檢查水泥之項目主要為比重、凝結時間、細度、健度及強度。
3. 袋裝水泥淨重與標示重量相差在 $\pm 2\%$ 以上時，得予拒收。
4. 水泥長期儲存，會吸收空氣中之濕氣形成硬塊，造成比重下降，主要工程不可使用。此外亦會吸收二氧化碳產生風化作用，降低強度，延長凝結時間。
5. 一般儲藏時間在一個月左右，混凝土強度約下降5%，尤其早期強度更明顯。
6. 水泥儲存時間超過六個月以上，在使用前需先做各項檢驗。
7. 水泥因為儲存時之重量疊壓，形成硬固現象，經翻動後即可使用。
8. 儲存水泥之倉庫應設於地面排水良好之地區，並能防風、防雨及防潮。
9. 倉庫地板需高於地面30cm以上，儘量避免開口，阻止空氣流通，以免受潮。

骨材

- 混凝土材料中之砂及石子統稱為骨材，佔混凝土單位體積之66%~78%。
- 骨材以石英質最佳，石灰質次之。優良骨材的岩石，依次為花崗岩、安山岩、玄武岩、硬質砂岩、硬質石等。不適用之骨材如：頁岩、粉板岩等。
- 骨材在混凝土中之主要作用：
 - (1) 作為廉價之填充材，增加成品體積，降低成本。
 - (2) 抵抗磨損、水份滲透及風化作用。
 - (3) 減少混凝土因硬固所產生之體積變化。
- 骨材形狀最好接近圓球形。其形狀係數如下：
 - (1) 體積係數越大越好
 - (2) 球形率越大越好
 - (3) 細長率越小越好
 - (4) 扁平率越小越好
 - (5) 方形率越小越好
- 海砂經過洗鹽程序處理後亦可使用，所謂洗鹽程序是每 m^3 之海砂經3倍水浸2次以上。

骨材之細度模數(F.M.)

- 定義：凡殘留於標準篩上骨材百分率累積值總和除以100所得之值，稱為“細度模數”。
- 功用：
 - (1)初步判斷骨材之級配是否合格，用以表示骨材粗細程度。
 - (2)篩分析及格之級配，其F.M.一定及格；但F.M.及格，級配不一定及格。
 - (3)F.M.愈大，表示骨材愈粗，所需水泥較少。
 - (4)F.M.可作為混凝土配比時，用以決定粗骨材之用量。
 - (5)可判斷同一骨材場之骨材是否均勻。
 - (6)F.M.最大為10，最小為0。

理想之F.M.

- (1)CNS：骨材之F.M.在細骨材2.3~3.1之間，粗骨材5.5~7.5之間。
- (2)工地骨材之F.M.與樣品相差 ± 0.2 以上，除非重新調整比例，否則不准使用

水-水在混凝土中之功用

(1) 拌合前之洗滌用水

- a. 洗滌骨材及濕潤模板。
- b. 骨材中常見知有害物質有塵埃、沉泥、黏土、煤炭，雲母、鹽類、腐植土等，通常均可用“水洗法”除去。

(2) 拌合用水：水與水泥混合成水泥漿，起水化作用，產生膠質結晶體，具有膠結力及強度。

(3) 養護用水：

- a. 養護之主目的：增加強度或防止水化時所需水份之蒸發。
- b. 養護時間：混凝土在澆置後7天內保持濕潤。早強混凝土可縮短為3天。
- c. 養護溫度：養護時之溫度 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ 間最為適宜，現行法規規定至少需維持在 10°C 左右的溫度。寒冷氣候處需以適當設備養護。炎熱氣候處（氣溫高於 35°C ）需注意配比成份、施工及養護方法。

拌合水

(1) 拌合前之洗滌用水

- a. 洗滌骨材及濕潤模板。
- b. 骨材中常見知有害物質有塵埃、沉泥、黏土、煤炭，雲母、鹽類、腐植土等，通常均可用“水洗法”除去。

(2) 拌合用水：水與水泥混合成水泥漿，起水化作用，產生膠質結晶體，具有膠結力及強度。

(3) 養護用水：

- a. 養護之主目的：增加強度或防止水化時所需水份之蒸發。
- b. 養護時間：混凝土在澆置後7天內保持濕潤。早強混凝土可縮短為3天。
- c. 養護溫度：養護時之溫度 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ 間最為適宜，現行法規規定至少需維持在 10°C 左右的溫度。寒冷氣候處需以適當設備養護。炎熱氣候處（氣溫高於 35°C ）需注意配比成份、施工及養護方法。

骨材常用之含水狀況

- (1) 爐乾狀況(Oven-dry)：係將骨材放在乾燥器（烘箱）內，以不超過 110°C 之溫度乾燥至骨材重量不變為止，為絕對乾燥狀況，簡稱O.D.。
- (2) 氣乾狀況(Air-dry)：係將骨材置於室溫下乾燥，為骨材之表面無水內部有水，但未飽和之狀況，簡稱A.D.。
- (3) 飽和面乾狀況(Saturated surface-dry)：係骨材之內部呈飽和而表面無附著水之狀況。常稱S.S.D.狀況，一般配合比例所採用之骨材重量。
- (4) 濕潤狀況(Wet)：係骨材內部呈飽和且表面有附著水之狀況，通常以骨材浸水24小時候才達此狀況，稱為Moisture。

吸水量

- 簡稱AC，吸水量乃為骨材由烘乾狀況至飽和狀況所吸收之水量，與烘乾狀態重量之比值，稱為“吸水率”。通常比重大之骨材，其吸水率較小，而細骨材之吸水率又常較粗骨材之吸水率為大。砂之吸水率約為1~6%，卵石約為0.5~4%。

水灰比

水灰比為混凝土中，水的重量與水泥的重量比。以W/C表示之。

水灰比對混凝土之影響：

- a. 水灰比與混凝土強度成反比。在同一材料，與同一試驗條件，工作性佳之混凝土其強度由每包水泥之用水量決定之。
- b. 水灰比與工作性成正比。
- c. 水灰比與混凝土水密性成反比。
- d. 水灰比與混凝土耐久性成反比。

混凝土性質-工作性

- 混凝土灌置與搗實之難易及抵抗材料分離之程度，謂之“工作性”。影響因素包括拌和水量、水泥特性、骨材性質、配合比例及摻料、溫度、時間等。
- 稠度及流動性是影響工作度的最主要因素。

混凝土試體

混凝土試體坍陷之四種情況：

- (a) 近零坍度(Near-Zero Slump)：此種混凝土含水量較低，在地坪澆置時，若配合震動器，可以有良好的工作性及強度。
- (b) 正常坍度(Normal Slump)：此種混凝土含水量適當，通常具有優良之工作性與抗壓強度，一般結構物都採用此類混凝土。
- (c) 剪力坍度(Shear Slump)：係指混凝土錐體之抗剪強度不足而生之坍陷，此種坍度通常顯示混凝土缺少塑性及黏結力。通常澆置困難，工作性不佳。
- (d) 崩陷坍度(Collap Slump)：此種混凝土多屬於少漿配合（貧配合），或拌和水量過多，或水泥用量太少，而造成砂漿外流，粗骨材留於中央之情況，其坍度值約在18~25公分範圍，此種混凝土澆置困難，已無工作性可言。

混凝土性質-耐久性

- 混凝土抵抗物理（風化）作用、化學作用，及機械（磨損）作用之能力，謂之“耐久性”。
- 影響耐久性之因素可分為物理作用、化學作用、機械作用三方面。

混凝土摻品

1. 輸氣劑(A.E)：增強混凝土對冰凍融解之抵抗性，進而增加耐久性。
2. 速凝劑：縮短混凝土之硬化時間。因釋放較多之水化熱，一般兼有抗凍之效果。
3. 緩凝劑：延緩混凝土之凝結時間（初凝及終凝），使其在澆置期間內保持適當之工作度，可兼具減水劑之效果。
4. 減水劑：改善混凝土之耐久性、水密性，減少混凝土之吸水性及透水性。
5. 強塑劑：增加混凝土之可塑性及流動性，因具高減水性，可增加強度及防水性，避免骨材析離。簡稱S.P.劑。
6. 擴散劑：在改善混凝土之工作性及減少拌合水量等。
7. 塑性劑：：讓混凝土在模版移除後，型態穩定、少崩潰及析離現象，使混凝土更為密實。
8. 膨脹劑：混凝土因凝結而產生之收縮，可藉由膨脹劑所產生之膨脹而相互抵銷。使用大量之膨脹劑，可製造輕質混凝土。
9. 矽灰：降低混凝土之水化熱、減少水泥用量、增加水密性及提高晚期強度。
10. 飛灰：可減少用水量，提高混凝土強度，經試驗結果知道添加飛灰之混凝土早期強度較低，約降低10%，但晚期強度則較高。
11. 著色劑：改變混凝土之顏色，增加視覺美感。

混凝土施工流程

■ 拌合→運送→澆置→養護

概述

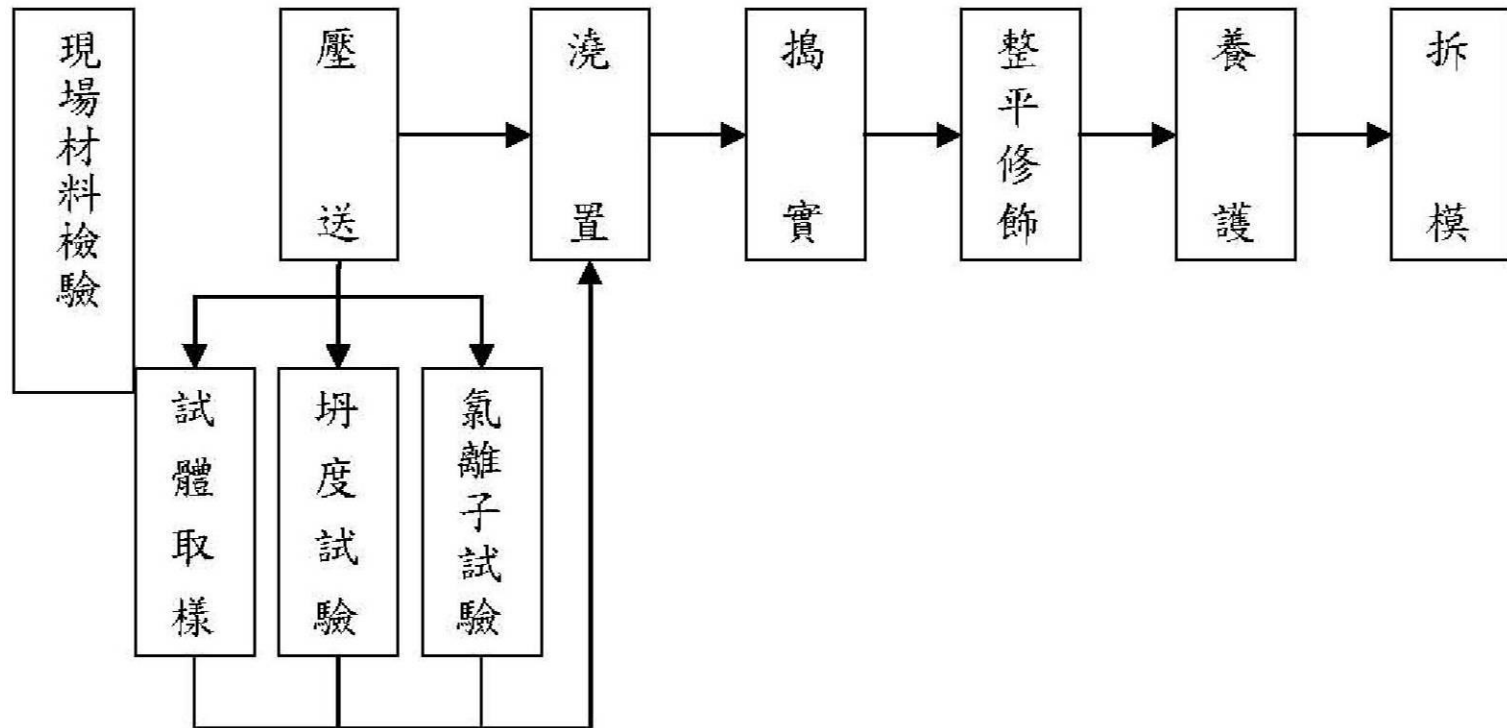
- * 水泥與水產生“水化反應” → 膠結物
- * 水泥種類：通常是第一類 (Type I)
- * 細骨材 CNS 1240
- * 細骨材：天然砂，機製砂，不得使用海砂
- * 細度模數：2.3 至 3.1 之間
- * 不得含有黏土、泥塊、有機物及其它有害物質
- * 粗骨材 CNS 1240
- * 粗骨材：天然礫石或軋製碎石

概述

- * 粗骨材須符合洛杉磯磨損試驗 **CNS 490**
- * 細骨材水溶性氯離子不得超過 **0.024%**
- * 坍度試驗 **CNS 1176**
- * 混凝土水溶性氯離子不得超過 **0.3 kg/m³**
- * 混凝土抗壓強度試驗

概述

* 混凝土澆置分區與澆置動線



概述

- * 添加劑應充份攪拌，勿使沉澱
- * 混凝土拌合時間應超過 60 秒
- * 預拌混凝土輸送速率應適當，太快則來不及搗實，太慢則發生“冷縫”的現象
- * 混凝土 vs 工地加水
- * 混凝土澆置 vs 粒料分離
- * 混凝土料應垂直卸落

概述

- * 混凝土澆置如遇大雨 → 決定施工縫位置，中止澆置，已澆置的區域，以防水布覆蓋。
- * 於最小應力處設置施工縫，下次澆置前，應以水泥漿淋濕。
- * 混凝土以振動器搗實，間距 90 公分以內，每次振動時間約 5-10 秒。
- * 柱、牆下端區域之混凝土，尚須輔以外模振動器搗實。
- * 灑水養護

概述

- * 混凝土拆模後的處理方式
 小孔穴 vs 大窟窿
- * 預拌混凝土公司 → 混凝土配比設計
- * 混凝土強度以現場取樣之試體為主
- * 模板之清潔與溼潤
- * 樓板厚度的控制：畫線標明
- * 鋼筋保護層的墊塊
- * 通知預拌混凝土公司混凝土**數量、坍度、設計強度、最大骨材粒徑**。

概述

- * 混凝土澆置不可集中於一處
- * 避免粒料分離
- * 牆、柱混凝土澆置速度不可太快，以免模板應力過大
- * 建物樓版下部，應派員監看模板及實施牆、柱外模振動
- * 混凝土拌合後並靜置達 **30** 分鐘，或預拌混凝土開使拌合後至工地超過 **90** 分鐘
→ **不得澆置**

概述

- * 氣溫低於 5°C 高於 35°C，降雨強度過大
出工人數不足，照明不足，機具短缺
→ **不得澆置混凝土**
- * 避免振動棒觸及模板，不得以震動器駁送
混凝土
- * 灑水養護至少七日
- * 混凝土澆置後 24 小時內，不可堆放重物
- * 剩餘之混凝土，不得任意棄置。
- * 預拌車清洗之污水，不得任意放流。

概述

- * 巨積混凝土：以冰水拌合混凝土
- * 冷縫之定義：在 25°C 以下，已澆置的混凝土停頓 120 分鐘；或於 25°C 以上，已澆置的混凝土停頓 100 分鐘，其接縫稱為冷縫。
- * 施工縫（是否需止水帶？）
- * 伸縮縫（是否需止水帶？）

概述

* 鋼筋腐蝕之原因

1. 混凝土透水性過高；
2. 裂縫；
3. 有害物質侵入

* 鋼筋腐蝕之防制

1. 保護層厚度；
2. 水灰比；
3. 養護；
4. 加入飛灰；
5. 環氧樹脂包覆鋼筋，但須注意握持長度、搭接長度 ... 等

混凝土骨材

* 粗骨材 vs 細骨材

粒徑大於 4.75 mm → 粗骨材

粒徑小於 4.75 mm → 細骨材 (俗稱砂)

* 骨材含水狀態

1. 潮溼 (表面含有自由水)

2. 面乾內飽和

3. 氣乾 (自然乾燥)

4. 乾燥 (烘乾)

混凝土骨材

* 吸水率 vs 含水率

吸水率 = (面乾內飽和重 - 烘乾重) / 烘乾重

含水率 = (試樣重 - 烘乾重) / 烘乾重

* 孔隙 vs 空隙

孔隙：粗骨材內部細小的孔眼

空隙：骨材顆粒之間の間隙

* 容積比重 (桶體比重) vs 視比重

混凝土骨材

* 標準篩孔尺寸 (mm)

粗骨材：75、50、37.5、25、19、9.5

**細骨材：4.75、2.36、1.18、0.60、
0.30、0.15**

* 篩分析試驗

疊置各篩，置於搖篩機上，放置試料，搖動三分鐘以上，量取各篩上所停留的骨材重。

混凝土骨材

* 篩分析試驗結果

篩號 (mm)	篩重 (g)	篩與 試料重 (g)	試料重 (g)	駐留 百分比 (%)	累積駐留 百分比 (%)	累積通過 百分比 (%)
19	780	1080	300	7	7	93
12.5	770	1790	1020	24	*31*	69
9.5	760	2100	1340	31	62	38
4.75	750	1960	1210	28	90	10
2.36	730	1080	350	8	98	2
底盤	350	435	85	2	*100*	0
			4305	257		

混凝土骨材

* 骨材最大粒徑

某一篩號及其上方篩之骨材駐留的百分比超過 15% 者，該篩號孔徑即為最大骨材粒徑。

* 骨材細度模數 (Fineness Modulus, FM)

所有標準篩上累積駐留百分比除以 100 即是。依前表之結果即為 2.57。

一般而言，粗骨材之 FM 界於 6.0 至 8.0
細骨材之 FM 界於 2.0 至 4.0

水泥

* 黏結料 (Cement)

* 非水硬性黏結料，水硬性石灰，波特蘭水泥。

* 波特蘭水泥 (洋灰，紅毛土)

Type I 一般用途

Type II 中度抗硫酸鹽水泥

Type III 早強水泥

Type IV 低水化熱水泥

Type V 高度抗硫酸鹽水泥

水泥

* 水泥製造

石灰岩與黏土研磨混合，高溫煅燒成熟料 (clinker)，添加適量的石膏再研磨成粉狀即是。

* 水泥 + 水 → 水化反應 (hydration)

混凝土摻料

* 化學摻料

速凝劑、緩凝劑、減水劑，高效能減水劑
(又稱：強塑劑)，輸氣劑，抗凍劑。

* 礦物摻料

飛灰 (fly ash)，矽灰，稻殼灰，高爐
爐石灰，鋼纖維，塑膠纖維。

混凝土配比設計

表 1：各類結構元件施工時，混凝土坍度建議值

工程種類	坍度 (cm)	
	最大	最小
基腳、沉箱	7.5	2.5
樑、柱、牆	10.0	2.5
版、鋪面	7.5	2.5
巨積混凝土	5.0	2.5

混凝土配比設計

表 2：非輸氣混凝土之『坍度』及『最大骨材粒徑』與所需之『拌合水量』 (kgf / m^3) 及『空氣含量』的關係

坍度 (cm)	最大骨材粒徑 (cm)							
	1.0	1.3	2.0	2.5	3.8	5.0	7.5	15.0
2.5—5.0	210	199	187	178	163	154	142	125
7.5—10.0	228	217	212	193	178	169	157	136
15.0—17.5	243	228	214	202	193	178	169	—
空氣含量	3.0%	2.5%	2.0%	1.5%	1.0%	0.5%	0.3%	0.2%

混凝土配比設計

表 3：非輸氣混凝土『設計抗壓強度』與『水灰比』之關係

設計抗壓強度 f'_c (kgf / cm^2)	水灰比
175	0.67
210	0.58
245	0.51
280	0.44
315	0.38

混凝土配比設計

表 4：於特殊暴露狀況下，水灰比的限制

暴露狀況	最大水灰比	最小抗壓強度 f'_c (kgf/cm^2)
混凝土暴露於水中，具低滲透性。	0.50	280
混凝土潮濕狀態下，暴露於凍融作用的環境。	0.45	315
保護鋼筋防止鏽蝕，混凝土暴露於除冰鹽、鹽水及海水的環境。	0.40	350

混凝土配比設計

表 5：單位體積混凝土之粗骨材的體積量

粗骨材最大粒徑 (<i>cm</i>)	單位體積混凝土之乾搗粗骨材 的體積 (m^3 / m^3)			
	砂之細度模數			
	2.4	2.6	2.8	3.0
1.0	0.50	0.48	0.46	0.44
1.3	0.59	0.57	0.55	0.53
2.0	0.66	0.64	0.62	0.60
2.5	0.71	0.69	0.67	0.65
3.8	0.75	0.73	0.71	0.69
5.0	0.78	0.76	0.74	0.72
7.5	0.82	0.80	0.78	0.76
15.0	0.87	0.85	0.83	0.81

混凝土配比設計

若一混凝土材料係用於打造基礎，且該基礎暴露於地下水，但屬溫和之氣候環境。混凝土設計抗壓強度為 $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}$ 。

- (1) 水泥為 Type I，其比重為 3.15。
- (2) 粗骨材特性：比重為 2.65；吸水率為 0.5%；含水率為 2.5%；
單位體積重 1680 kgf/m^3 。
- (3) 細骨材特性：比重為 2.62；吸水率為 2.0%；含水率為 5.0%；
細度模數 2.6。

根據上列數據，設計此一混凝土之現地配比。

混凝土配比設計

【步驟 1】決定混凝土之坍度

由表 1，本案混凝土坍度採用 5 cm。

【步驟 2】決定粗骨材最大粒徑

本案混凝土粗骨材最大粒徑採用 2.0 cm。

【步驟 3】估計拌合水量及空氣含量

由表 2，本案混凝土所需之拌合水量為 $187 \text{ kgf} / \text{m}^3$ 。
空氣含量為 2.0%。

混凝土配比設計

【步驟 4】決定水灰比

由混凝土的設計強度 $f'_c = 210 \text{ kgf} / \text{cm}^2$ ，查表 3 得水灰比為 0.58。但因本案混凝土係暴露於地下水，故由表 4 得知：最大水灰比不得超過 0.5。因此，本案混凝土之水灰比取為 0.5。

【步驟 5】計算水泥用量

因 水灰比 = 水重 / 水泥重 = 0.50，故一立方米之混凝土所需水泥量為 $187 / 0.5 = 374 \text{ kgf} / \text{m}^3$ 。

混凝土配比設計

【步驟 6】估計粗骨材所需之重量（於飽和面乾狀態下，SSD）

由粗骨材最大粒徑為 2.0 cm 及細骨材細度模數為 2.6 之條件，查表 5 得知：於一立方米的混凝土當中，粗骨材所佔有的體積（含空隙體積）為 $0.64 \text{ m}^3 / \text{m}^3$ 。因此，於一立方米混凝土當中，粗骨材於“飽和面乾”狀態下所需之重量為 $0.64 \times 1680 \times (1 + 0.5\%) = 1081 \text{ kgf} / \text{m}^3$ 。

混凝土配比設計

【步驟 7】估計細骨材所需之重量（於飽和面乾狀態下，SSD）

$$\text{水的體積} = \frac{187}{1000} = 0.187 \text{ m}^3 / \text{m}^3 ,$$

$$\text{水泥的體積} = \frac{374}{3.15 \times 1000} = 0.1187 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

$$\text{粗骨材的體積} = \frac{1081}{2.65 \times 1000} = 0.4079 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

$$\text{空氣的體積} = 1.0 \times 2\% = 0.02 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

$$\text{細骨材之外的體積} = 0.187 + 0.1187 + 0.4079 + 0.02 = 0.7336 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

$$\text{所需要細骨材的體積} = 1.0 - 0.7336 = 0.2664 \text{ m}^3 / \text{m}^3$$

混凝土配比設計

於飽和面乾狀態下，所需細骨材的重量為 $0.2664 \times 2.62 \times 1000 = 698 \text{ kgf} / \text{m}^3$

一立方米所需材料的重量為：

(a) 水 = 187 kgf

(b) 水泥 = 374 kgf

(c) 粗骨材 (SSD) = 1081 kgf

(d) 細骨材 (SSD) = 698 kgf

合計為 $2,340 \text{ kgf}$

混凝土配比設計

【步驟 8】求現地配比：

(A) 粗骨材：

(1) 含水量 = 2.5%

(2) 吸水率 = 0.5%

(3) 自由水率 = $2.5\% - 0.5\% = 2.0\%$

(4) 自由水量 = $1081 \times 2.0\% = 21.6 \text{ kgf}$

(5) 拌和之重量 = $1081 + 21.6 = 1102.6 \text{ kgf}$

混凝土配比設計

(B) 細骨材：

(1) 含水量 = 5.0%

(2) 吸水率 = 2.0%

(3) 自由水率 = 5.0% - 2.0% = 3.0%

(4) 自由水量 = $698 \times 3.0\% = 20.9 \text{ kgf}$

(5) 拌和之重量 = $698 + 20.9 = 718.9 \text{ kgf}$

混凝土配比設計

(C) 所需之拌合水量： $187 - (21.6 + 20.9) = 144.5 \text{ kgf}$

因此，一立方米所需現場材料的重量為：

(a) 水 = 144.5 kgf (所需倒入拌合機內的水量)

(b) 水泥 = 374 kgf

(c) 粗骨材與其含水量 = 1102.6 kgf

(d) 細骨材與其含水量 = 718.9 kgf

合計為 $2,340 \text{ kgf}$

第十章

瀝青混凝土路面施工及檢驗基準

(1)

主講人:湯輝雄

目錄

一、序論

- 1.1 路面結構
- 1.2 瀝青路面設計概要
- 1.3 瀝青路面施工程序

二、級配粒料底層

- 2.1 概論
- 2.2 材料
- 2.3 施工要領
- 2.4 檢驗基準

一、序論

1.1 路面結構

◎路面分類：

(1) 使用材料區分：

1. 瀝青混凝土路面（簡稱：瀝青路面）

2. 水泥混凝土路面（簡稱：水泥路面）

(2) 力學性質區分：

2005/01/16 1. 柔性路面

56-P

5

一、序論

1.1 路面結構

◎瀝青路面結構係採多層次設計由下往上分層施工：

- (1) 路基 (Sub grade) (又稱路床)
- (2) 基層 (Sub base course)
- (3) 底層 (Base course)
- (4) 面層 (Surface course)

工程司可依需要作適當之調整設計，路面越上層所受應力越大，需要越高之材料強度。

圖1 典型之瀝青路面結構圖

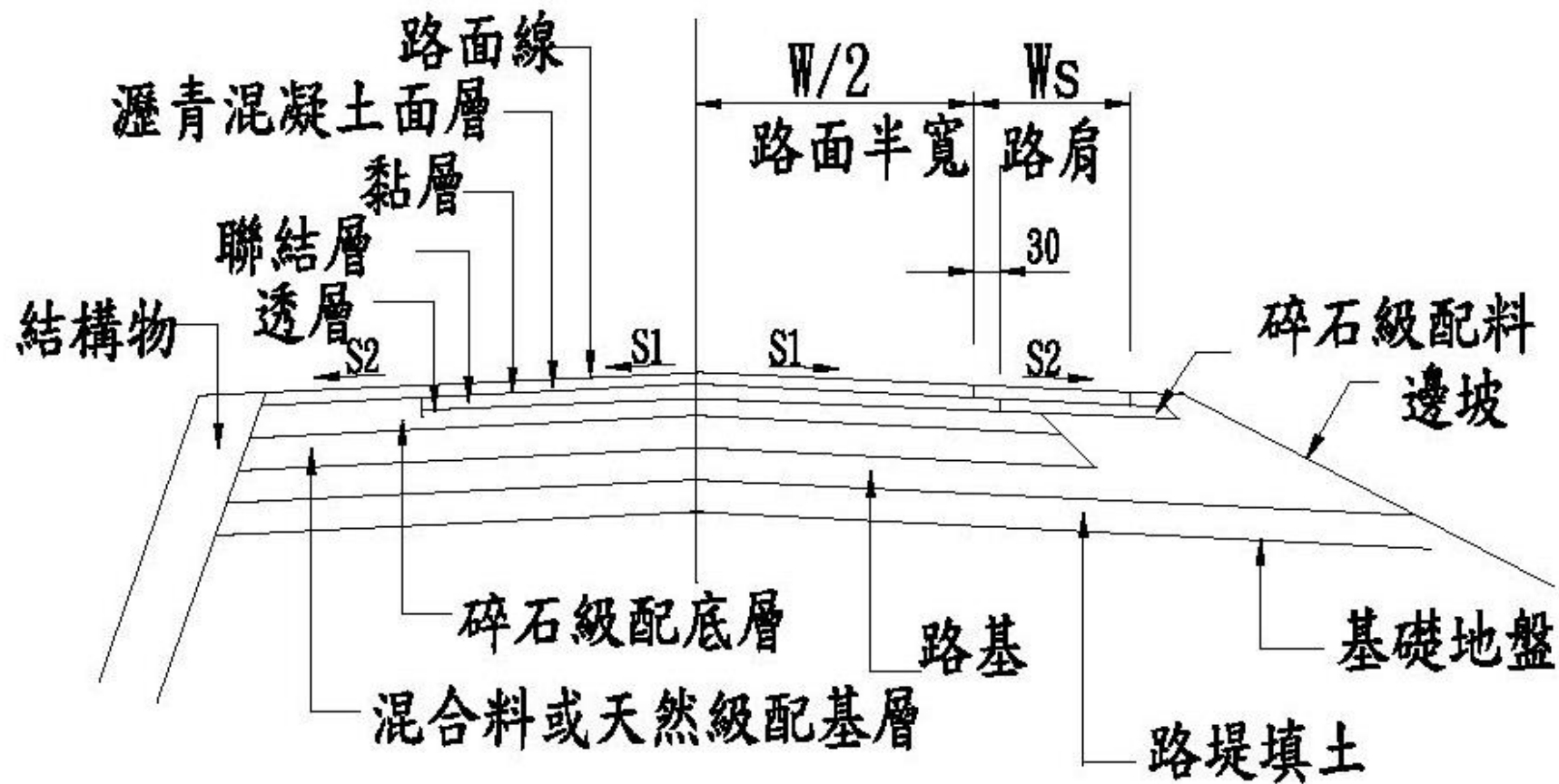


圖2.1-12 瀝青混凝土路面示意圖

表1 國內瀝青路面主要構造

層次名稱	厚度	用途	備註
開放級配摩擦層	約 1.5cm	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	(不考慮)	界面粘結	鋪設開放級配摩擦層時才施作
密級配瀝青面層	約 5~30cm	直接承受車輛荷重、提供摩擦力、減少水分及空氣滲入路面	
瀝青黏層	(不考慮)	界面粘結	
瀝青處理底層 (聯結層)	約 10~30cm	承受面層傳遞來之應力，並加以分散	地方道路常不設此層
瀝青透層	(不考慮)	粘結粒料、減少毛細水上升	

國道瀝青混凝土鋪面

表 1 瀝青混凝土鋪面主要構造說明

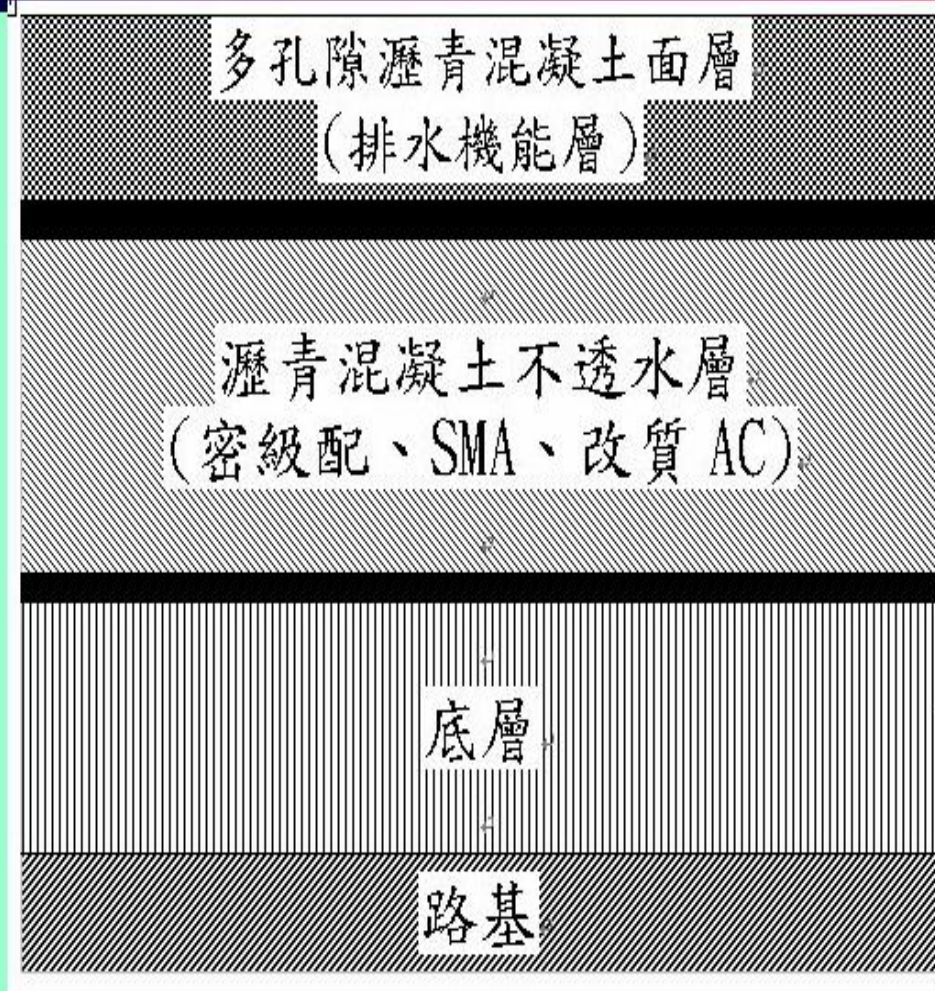
層次名稱	厚度	功能用途	備註
開放級配摩擦層或 PAC 多孔隙排水摩 擦層	OG1.5 cm 或 PAC3cm	提高路面摩擦力、減少下雨 產生水膜、增加行車安全降 低噪音	目前僅高速公路鋪設
瀝青黏層	(不考慮)需注意 噴灑量	界面粘結	鋪設開放級配摩擦層時注 意噴灑量
SMA 石膠泥瀝青 面層及密級配瀝青 面層	約 10-20cm	直接承受車輛荷重、提供摩 擦力、減少水分及空氣滲入 路面	SMA5cm，DG15--20cm

新國道瀝青混凝土鋪面設計

PAC 3公分

SMA 5公分

D.G. 10公分



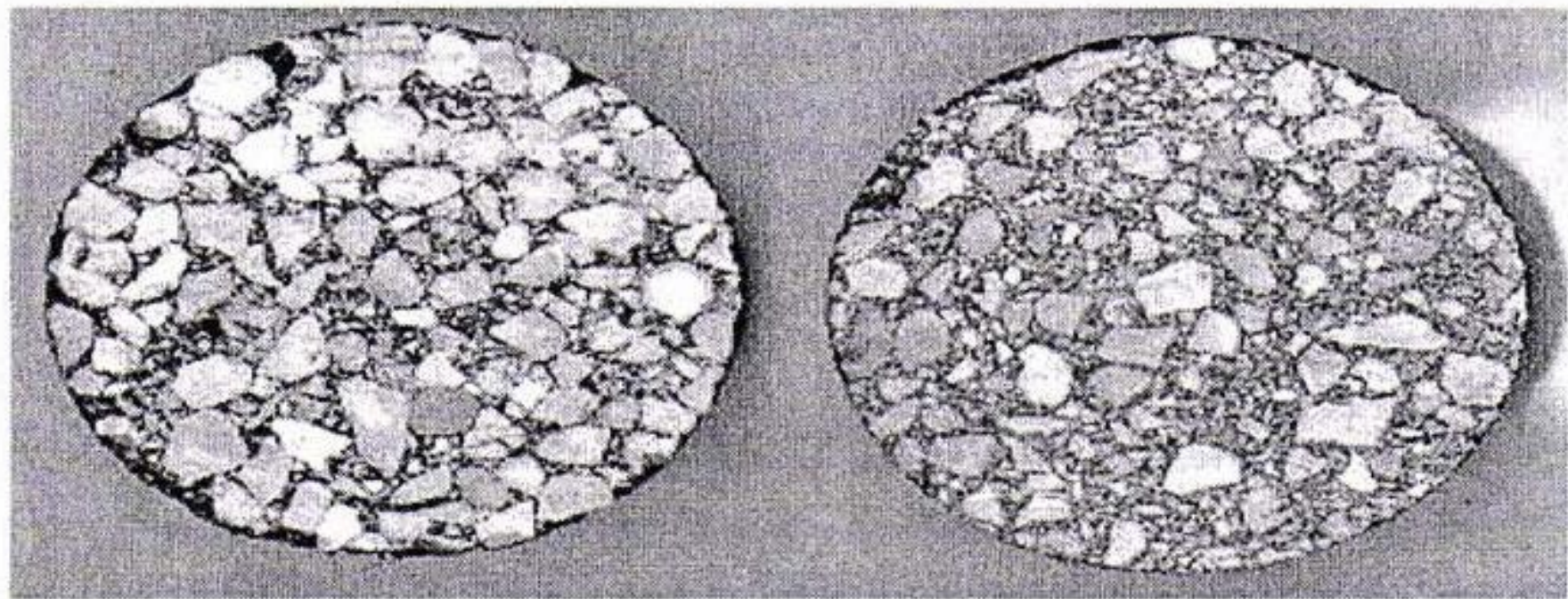
防水性黏層

透層 黏層

透層

請問? . 差異性在那裡?

SMA vs. 密級配



SMA

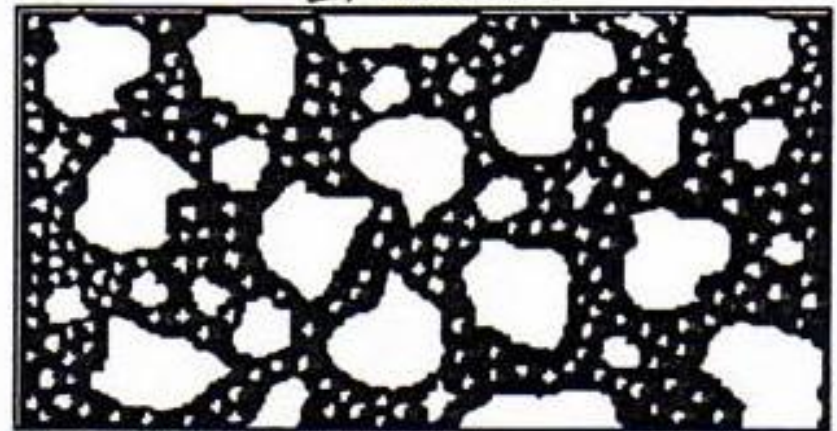
密級配

SMA vs. 密級配 (DGAC)

SMA



密級配



DGAC =
Dense-Graded Asphalt Concrete

行車濺水及水霧現象影響行車安全

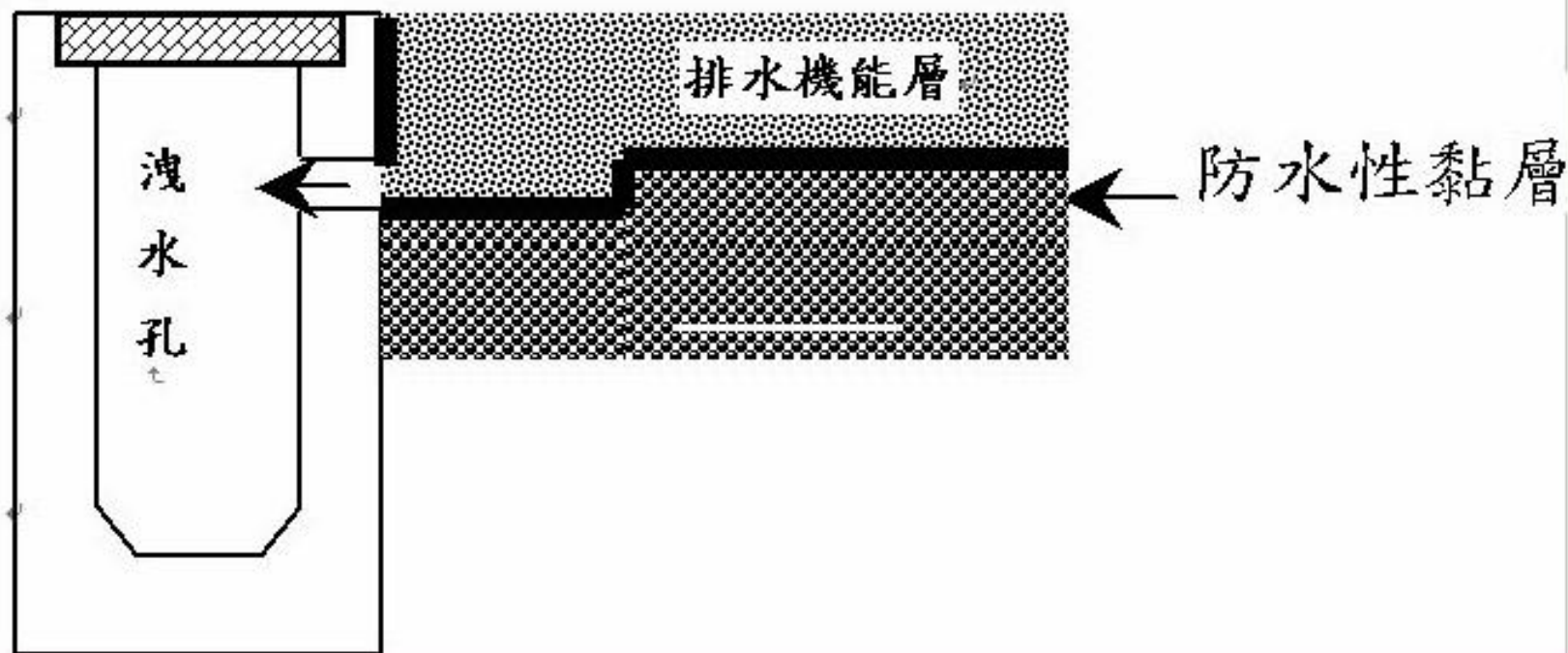


行車濺水及水霧現象影響行車安全



多孔隙排水性路面.PAC

L型溝



降低行車路面濺水及水霧現象，增加行車視線辨識效果，提高行車安全。



路面排水效率提高，增強雨天行車之抗滑性，減低行車之噪音。



層次名稱	厚度	用途	備註
級配粒料底層	約 20~40cm	承受上傳遞來之應力，並加以分散，使應力低於其下之基層或路基強度	
砂石混合料基層	50~100cm	承受上傳遞來之應力，並加以分散	依設計之需要鋪設，常設於橋台背等高填方處，目前砂石料缺乏已減少採用此層
路基		承受總荷重	

2005/01/16

18

減少雨天夜間行車之路面反射情況



試驗鋪設PAC多孔隙排水鋪面







一、序論

1.1 路面結構

◎瀝青路面[優點]：

- 1.車輛行駛舒適
- 2.施工容易
- 3.鋪築後至開放通車之養護時間短
- 4.局部挖填及修補容易（可挖埋管線）
- 5.可作薄層加封
- 6.新建成本低

一、序論

1.1 路面結構



◎瀝青路面[缺點]：

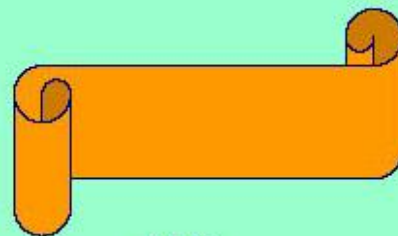
1. 路面黑暗
2. 服務年期短
3. 生命週期總成本高（因維護成本高）

1.2 瀝青路面設計概要

◎瀝青路面設計分三大部分

(1) 路面幾何設計：依行車、地形、排水、及景觀等需求，決定路面之平面、縱斷面及橫斷面等之表面幾何尺度。

(2) 下一頁-----



56-P

25

初步分析資料及修正結果

AASHTO 1993 剛性及柔性路面設計模式

配合交通預估計算 EAL

路基土壤 M_r 值

國工局適用之建議參數值

所需之 SN 值

底層材料組合

選擇材料層次組

柔性路面結構設計成果

剛性路面結構設計成果

1.2 瀝青路面設計概要

- (2) 路面結構設計：土壤強度、氣溫及排水條件等，決定路面結構中各層之厚度。
- (3) 路面材料設計：依材料性質及設計強度要求等條件，決定瀝青混凝土等之材料種類及成分配合比例（**job-mix formula**，**JMF**），亦稱**配比設計**或**配合設計**。

1.3 瀝青路面施工程序

主要施工程序：

- (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) 砂石混合料基層鋪築滾壓（依設計之需要）。
- (4) 級配粒料底層鋪築滾壓。
- (5) 撒佈瀝青透層。
- (6) 瀝青處理底層鋪築滾壓。

3.4 透層檢驗基準

檢驗透層之撒佈量，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^2 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^2 之撒佈量。

四、黏層

4.1 概論

- (1) 瀝青處理底層或密級配瀝青面層採分層鋪築
- (2) 黏層增進兩層間之粘結力。
- (3) 其相隔時間較長，或在舊瀝青路面上加鋪瀝青層時，需先撒佈液體瀝青或地瀝青作為黏層（tack coat），液體瀝青可用油溶瀝青或乳化瀝青。

4.2黏層材料 4.2.1 黏層油溶瀝青

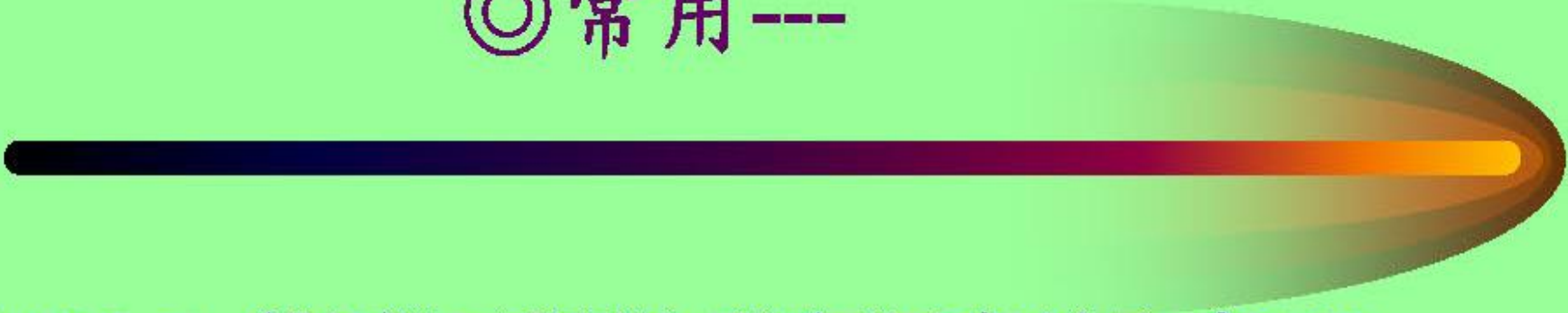
◎常用RC-70快凝油溶瀝青（Rapid Curing cut-back asphalt）

◎標準規範-----一般引用AASHTO M81（快凝油溶瀝青）標準規範。

目前尚無油溶瀝青之CNS，
油溶瀝青撒佈溫度為40~80°C。

4.2.2 黏層乳化瀝青

◎常用---



(1)SS-1 (陰離子慢凝, 殘留瀝青針入度100-200) 、

(2)CSS-1 (陽離子慢凝, 殘留瀝青針入度100-200)

(3)CSS-1h (陽離子慢凝, 殘留瀝青針入度40-90)

◎標準規範--品質應符合CNS 1304 K5016規定。

4.3油溶瀝青 施工要領

◎瀝青黏層之施工要領與瀝青透層相似。

◎黏層瀝青材料用量如下：

A. 快凝瀝青(RC—70) 用量為 $0.15\sim 0.45\text{L}/\text{m}^2$ 。

B. 乳化瀝青 SS-1、CSS-1及CSS-1h用量為 $0.25\sim 0.70\text{L}/\text{m}^2$ ，

C. 乳化瀝青 RS-1及CRS-1用量為 $0.11\sim 0.35$

4.4瀝青黏層 檢驗基準

瀝青黏層之檢驗要領與瀝青透層相同。

五、瀝青混凝土底層及面層

5.1 概論

5.1.1 瀝青混凝土 (asphalt concrete, 簡稱AC)

- ◎瀝青混凝土(產製)-----係將(1)加熱之乾粗粒料、細粒料(2)瀝青
(3)乾燥之礦物填縫料(過200號篩)，按配合設計所定配合比例(適當溫度)拌和均勻-(保溫運送至工地)
- ◎依設計圖說所示之幾何線形、坡度、高程及橫斷面等，分一層或數層 舖築、滾壓至規定壓實度而成者。----- (舖築、滾壓)

五、瀝青混凝土底層及 5.1 概論

◎良好的瀝青路面應具以下品質特性：

1. 穩定性：有足夠強度承受交通荷重，抵抗塑性變形，不致於使路面發生扭曲或變位等現象。
2. 柔性：指路面受荷重時，底層雖發生(輕型)變形或撓度，但不龜裂，而能恢復之性質。
3. 耐久性：足夠之瀝青含量(瀝青油膜)及足夠之粒料強度，以抵抗外力作用及氣候影響之下所產生之粒料分離及剝脫等現象。

五、瀝青混凝土底層及面 5.1 概論

◎良好的瀝青路面應具以下品質特性：

4. 抗疲勞性：可承受重複輪重所引起彎曲作用而不裂。
5. 抗滑性：抵抗車輪剎車滑動之能力。
6. 工作性：拌合料具相當流動性，以便舖築和滾壓，而不發生粒料分離現象，能達到應有之壓實度。
7. 密緻性：防止空氣與水份滲入之能力。

五、瀝青混凝土底層及5.1 概論

- ◎國內之瀝青混凝土均採用熱拌生產（亦有冷拌式者）
- ◎瀝青混凝土底層與瀝青混凝土面層除『用料規格』、『級配比設計要求』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（大粒徑骨材）瀝青量較低，亦稱為瀝青處理底層（BTB）。

五、瀝青混凝土底層 5.2 材料

5.2.1 地瀝青

(A) 瀝青-包裹粘結粒料、防止水分滲入等作用。◎國內瀝青幾乎全為石油提煉產品，稱為地瀝青 (asphalt)。

(B) 地瀝青依其軟硬程度分成數級

◎地瀝青分類：

(1) 針入度法 (2) 粘度法-AC (3) 殘餘粘度法-AR

◎地瀝青分類：針入度分類

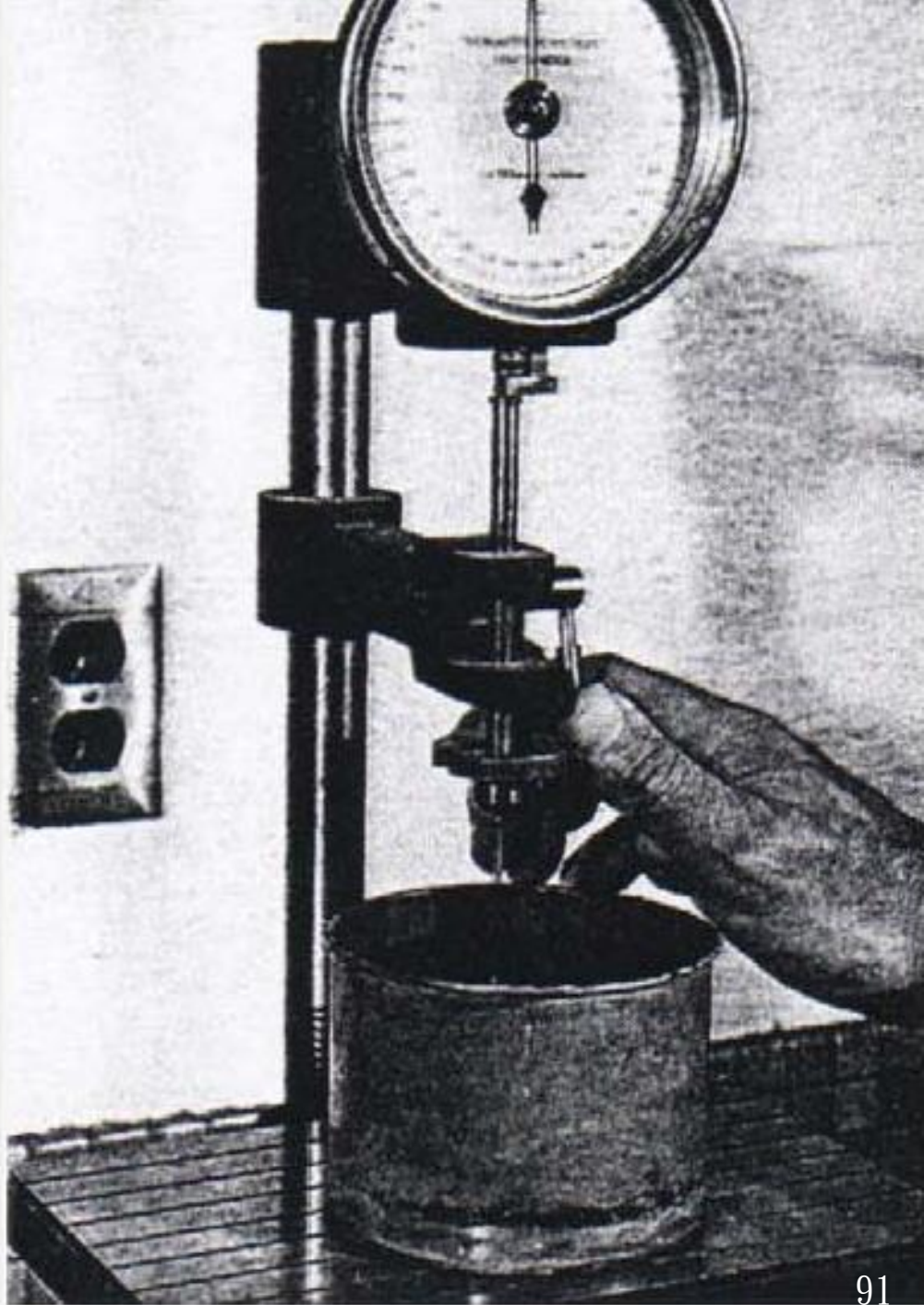
(1) 以往採用針入度分類，目前改用粘度分類。

◎瀝青針入度試驗係25°C樣品，試驗針以100g重量刺入5秒鐘之深度（0.1mm）（圖9），

◎針入度越大表示瀝青越軟，因針入度比較不容易反應瀝青之工程性質，目前已見少用。

◎地瀝青規範-----針入度分類規範可採用如CNS 2260 K5030

圖9瀝青針入度試驗



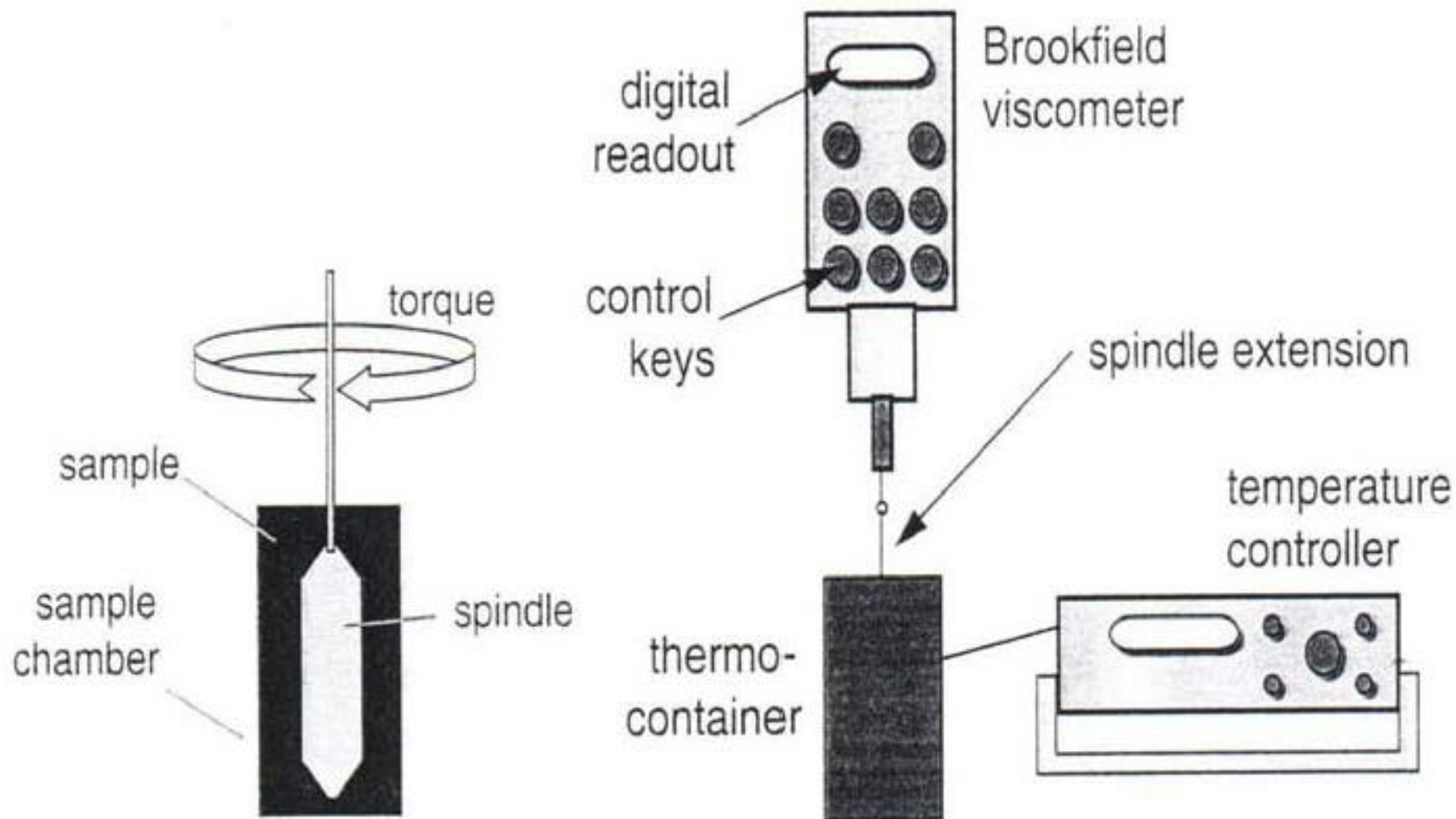
◎地瀝青分類：(2) 粘度法-- AC

(2) 瀝青粘度試驗以往係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，

*粘度越大表示瀝青越硬

○玻璃粘度試驗管試驗作業困難，目前逐漸採用旋轉式粘度計將瀝青樣品放入金屬圓桶中60°C定溫，置入一枚轉子在其中旋轉，測其扭力，利用電腦溫控及試驗，作業⁰²方便（圖10）。

圖10 瀝青粘度試驗



◎地瀝青分類：（3）殘餘粘度法-- AR

* 粘度分類又分AC及AR兩種方式，-----

----- AC分級以原始瀝青之粘度為準，

* AR分級以滾動薄膜熱損試驗後之瀝青粘度為準，試驗過程較繁，國內大多採用AC分級。

* CNS尚無粘度分類之瀝青規範，一般採用AASHTO M226（表2）

— 或ASTM D3381之規定。

(C) 路面地瀝青選用：

◎應視氣溫條件選用合適之地瀝青，

◎美國瀝青學會厚度設計手冊[7] ----- 建議之

“路面用地瀝青參考表”為表3所示。

◎國內以往常採用85/100針入度或AC-10，

◎目前高速公路已改用60/70針入度或AC-20，

◎未來（埔里南投、蘇花段） - AC-30 OR AR-80 OR 改質瀝青

表3 地瀝青等級選用參考表

表 3 地瀝青等級選用參考表

氣溫條件	適用地瀝青等級	
寒冷 (年平均氣溫 $\leq 7^{\circ}\text{C}$)	AC-5 AR-2000 120/150 針入度	AC-10 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

(C) 路面地瀝青選用：

◎註：60°C時 AC-10之粘度為
1000poises，

AC-20 粘度則為2000poises。

◎目前特殊工程更採用：(鋼床版瀝青)
改質瀝青 或 GUSS (天然瀝青, 千里達)
(如 高速公路高屏溪斜張橋)等







5.2.2 粒料 ◎粒料約佔質量95%

主要功能-- (1) 體積主體 (2) 承載荷重

(3) 抵抗變形 (4) 產生抗滑表面等。

◎影響性能---粒料之材質◎、粒形、級配。

(複合材料主要性能)

◎國內常用密級配 (空隙率小可防水份滲入)
及 開放級配 (空隙率大可讓水分快速排除)

◎目前國內正引進--石膠泥瀝青混凝土
(SMA)

及多孔隙排水瀝青混凝土 (PAC)等，
其粒料各有特別要求。

5.2.2 粒料 (1) 粗粒料之材質規範：

A.粗粒料：(停留於2.36mm (8號) 篩) 軋製之碎石，須潔淨、質地堅硬、緻密、耐磨及級配良好者。

B.碎石顆粒---大於75%，◎扁平狹長之顆粒--- (寬度與厚度比，或長度與寬度之比大於3者)

-----不得超過10%。

C.粗粒料：洛杉磯磨損率依CNS 490 A3009試驗
磨損率

5.2.2 粒料 (1) 粗粒料之材質規範

C. 洛杉磯磨損率

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

D. 硫酸鈉健度CNS 1167 A3031 (5次循環)，其重量損失不得大於12%。

E. 拌合廠粗粒料---應依尺度大小分別堆放，並應 *避免混雜*，俾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。

5.2.2 粒料

(2) 細粒料

- A. 細粒料（通過2.36mm（8號）篩者）包括石屑（碎石砂）、天然砂或兩者之混合物。
- B. 硫酸鈉健度試驗依CNS 1167 A3031（5次循環）-----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。

5.2.3 礦物填縫料

A. 粗、細粒料缺少通過0.075mm (200號) 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。

B. 礦物填縫料可用乾燥之石灰、石粉末或水泥

◎或認可之塑性指數小於4 ($PI < 4$) 之無機物粉末，惟不得含有塊狀物

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)	過篩重量百分率
0.60 (No.30)	100
0.30 (No.50)	95~100
0.075 (No.200)	70~100

5.2.4 防剝劑----- (1) 添加劑 (2) 石灰 (3) 水泥

- ◎某些粒料與瀝青之親合度較低，其所產混凝土在泡水後容易發生剝離，此時可添加防剝劑，
- ◎防剝劑之樣品、使用說明書及使用量、配比，送請核可方可使用。先以石灰與粒料拌和，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)	過篩重量百分率				
	37.5mm (1 1/2in)	25.0mm (1in)	19.0mm (3/4in)	12.5mm (1/2in)	9.5mm (3/8in)
50.0 (2 in)	100				
37.5 (1 1/2 in)	100	100			
25.0 (1 in)	—	90 ~ 100	100		
19.0 (3/4 in)	56 ~ 80	—	90 ~ 100	100	
12.5 (1/2 in)	—	56 ~ 80	—	90 ~ 100	100
9.5 (3/8 in)	—	—	56 ~ 80	—	90 ~ 100
4.75 (No. 4)	23 ~ 53	29 ~ 59	35 ~ 65	44 ~ 74	55 ~ 85
2.36 (No. 8)	15 ~ 41	19 ~ 45	23 ~ 49	28 ~ 58	32 ~ 67
18 (No. 16)	—	—	—	—	—
0.60 (No. 30)	—	—	—	—	—
0.30 (No. 50)	4 ~ 16	5 ~ 17	5 ~ 19	5 ~ 21	7 ~ 23
0.15 (No. 100)	—	—	—	—	—
0.075 (No. 200)	0 ~ 6	1 ~ 7	2 ~ 8	2 ~ 10	2 ~ 10
瀝青含量, % (以瀝青混合料之總重量計算)	3 ~ 8	3 ~ 9 102-P	4 ~ 10	4 ~ 11	5 ~ 12 33

附註：本表係參考 ASTM D3515 之規定。

表6 底層粗級配瀝青混凝土粒料級配表

試驗篩 (mm)	通過方孔試驗篩之重量百分率	
	25.0mm (1in)	19.0mm (3/4in)
37.5 (1 1/2in)	100	
25.0 (1 in)	85~100	100
19.0 (3/4 in)	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

附註：本表係參考美國加州標準^{102-P}規範之規定。

◎為確保瀝青混凝土之性能，需以工程計畫採用之材料辦理配比設計，



◎國內普遍採用馬歇爾配比設計法，其“重級交通”之設計準則如表7及表8所示。

表7 馬歇爾配比設計準則（重級交通）

表 7 馬歇爾配比設計準則（重級交通）

試體上下每端各夯打次數	75
穩定值，kgf，最小	800
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

表8 VMA之最低要求

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
19.0	3/4 *	12.0	* 13.0	14.0
25.0	1.0	11.0	12.0	13.0

◎馬歇爾配比設計流程如下：

- (1) 粒料及瀝青性質試驗。
(初選拌和公式 (Job Mix Formula, JMF)).
- (2) 計算粒料配合比，(符合規範所要求級配)
(圖11)。
- (3) 拌和粒料。(加不同油量 4.5% , 5.0% ,
5.5% , 6.0% , 6.5% .)
- (4) 粒料及瀝青分別加溫。
- (5) 加入預定比例之瀝青，拌和之(注意溫度)
- (6) 夯製試體 (圖12) (*夯製試體溫度非常重要,依不同等級瀝青性質試驗*)。

圖11 粒料級配規範、設計值及許可差

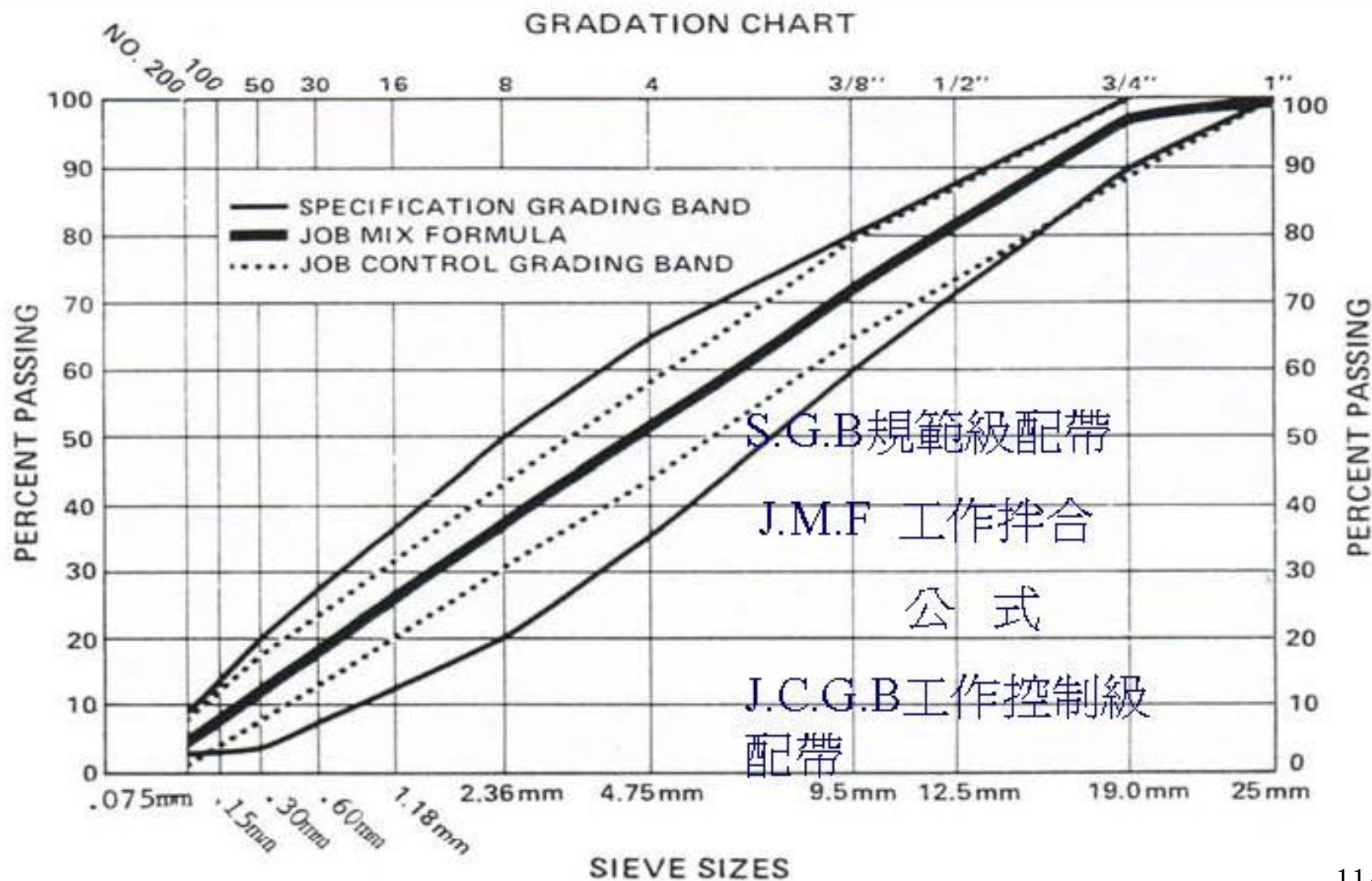


圖 12 夯製馬歇爾試體

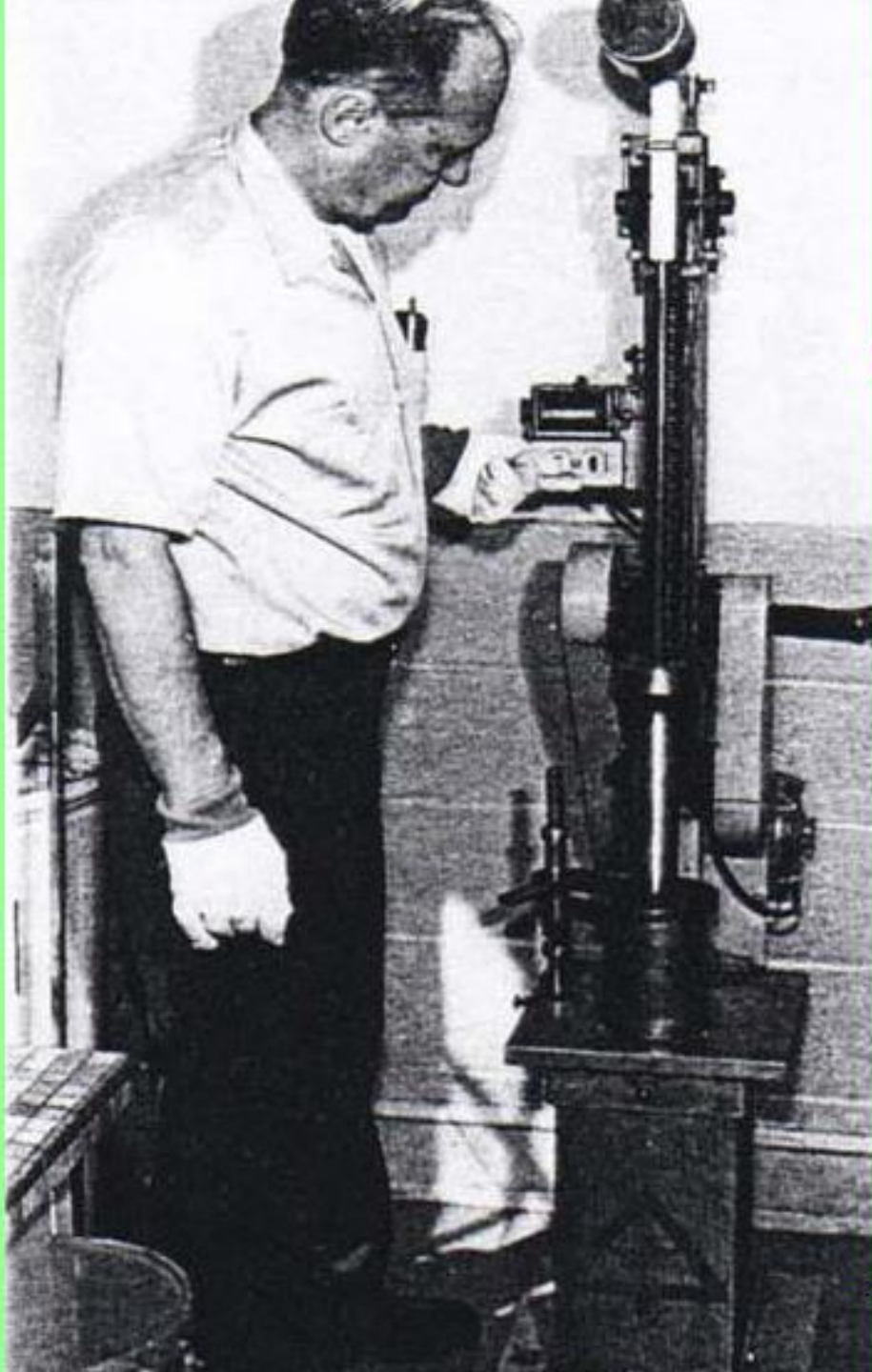
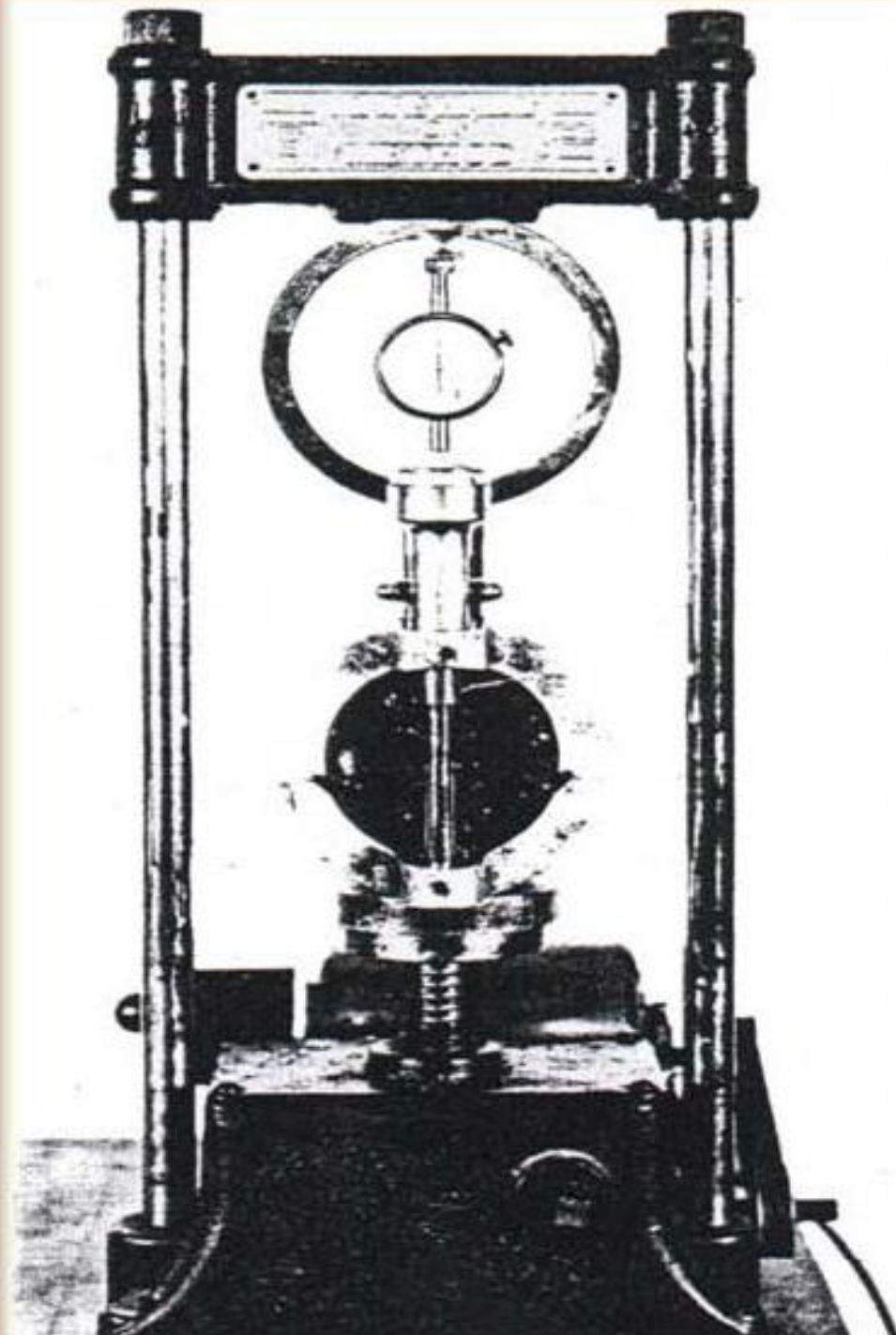
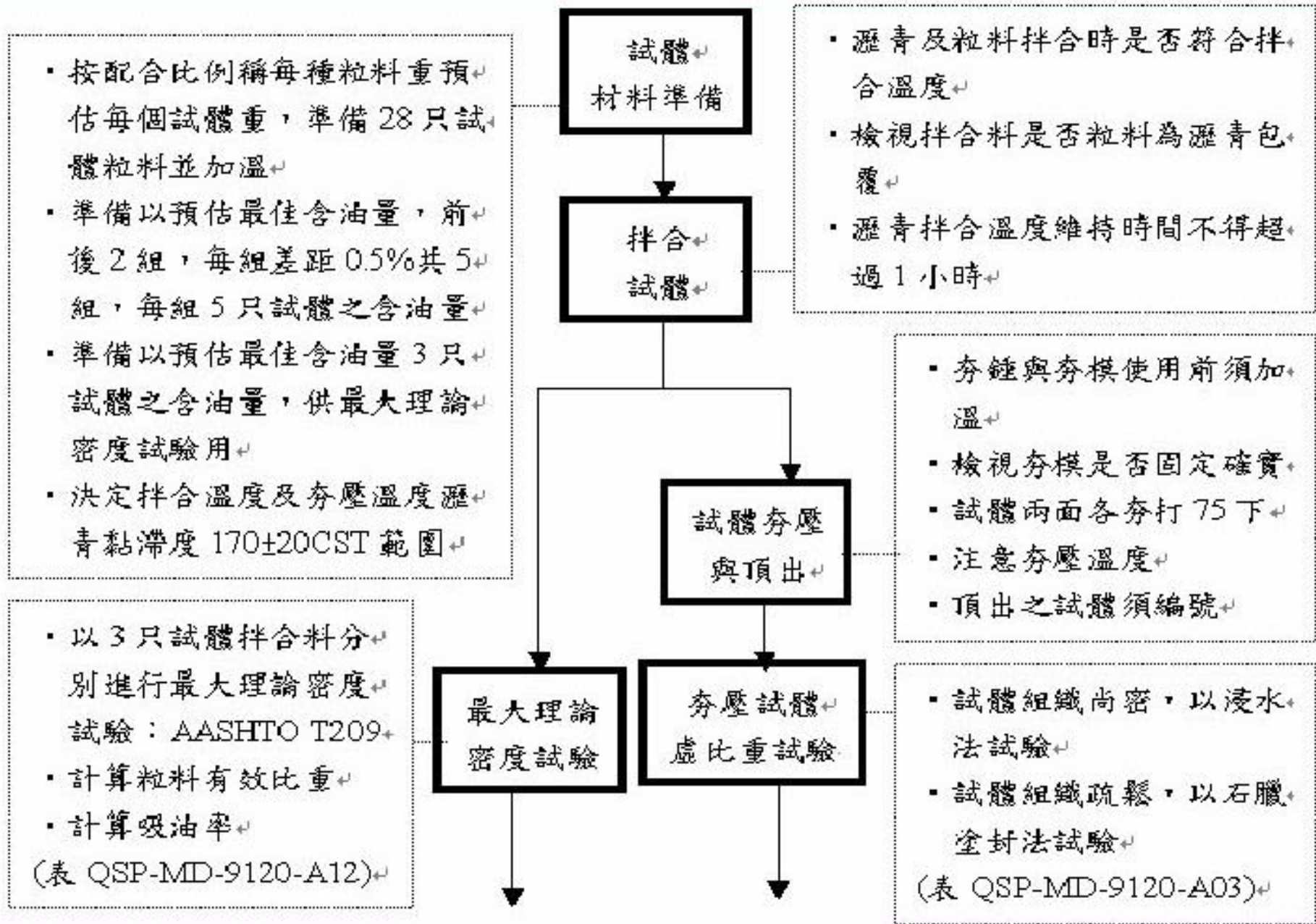


圖13 馬歇爾穩定

及流度試驗



MR.馬歇爾 1943年
發明此法



圖七 馬歇爾配合設計程序及檢驗要點(續)

馬歇爾配比設計流程如下：

- (7) 測試試體之密度。
- (8) 測試試體之穩定值及流度 (圖13)。
- (9) 計算分析空隙率、VMA、填充率。
- (10) 繪製各性能對瀝青含量之關係圖 (圖14)。
- (11) 選擇最適配比 (選擇可符合各設計要求值者)，作為拌和公式 (Job Mix Formula, JMF) 選擇瀝青含量 (圖15)。

圖14馬歇爾

試驗曲線

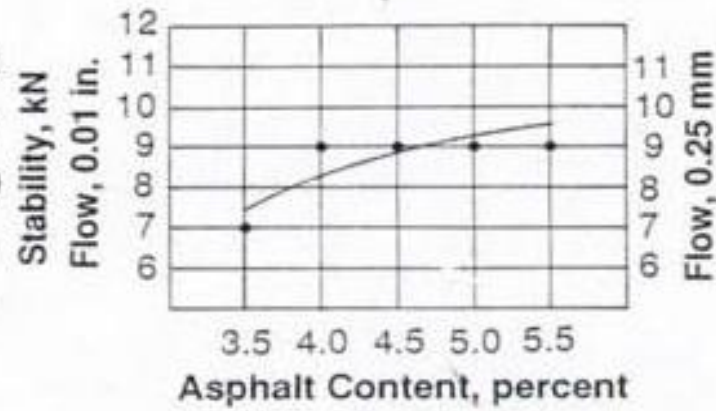
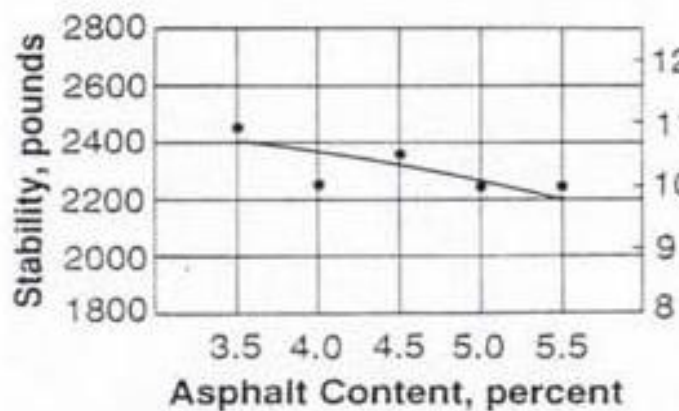
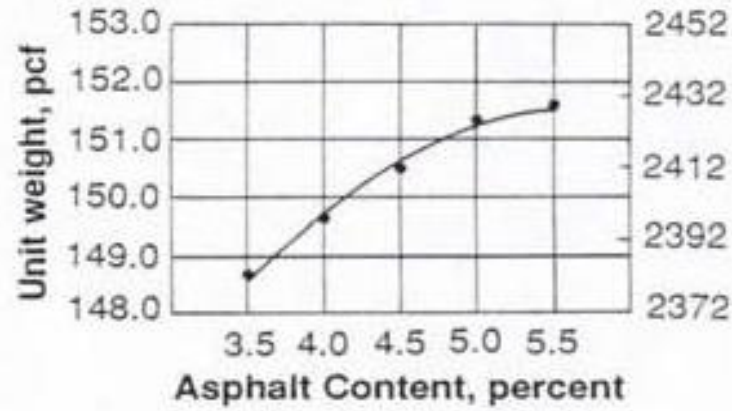
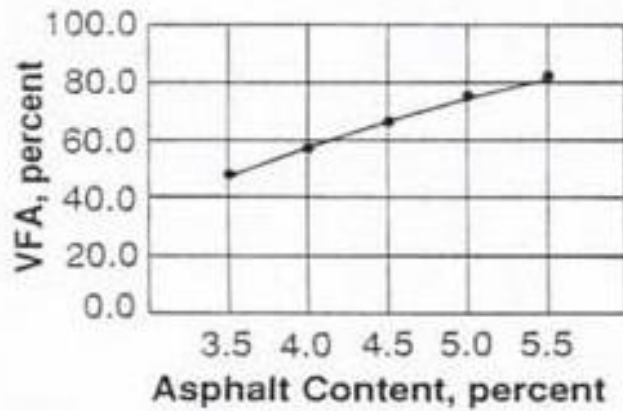
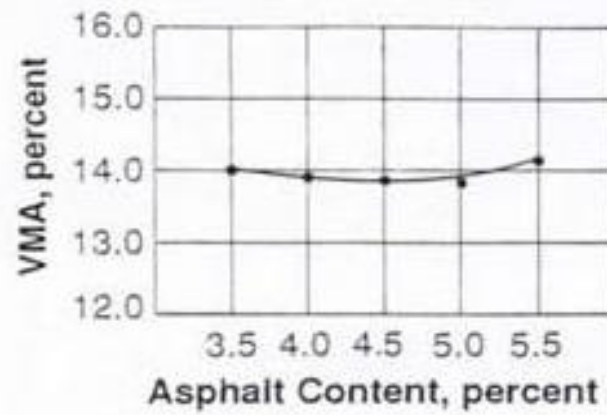
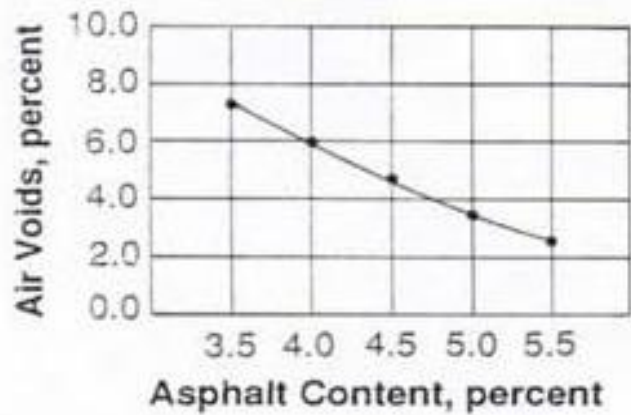


圖14 馬歇爾試驗曲線 (B.T.B案例)

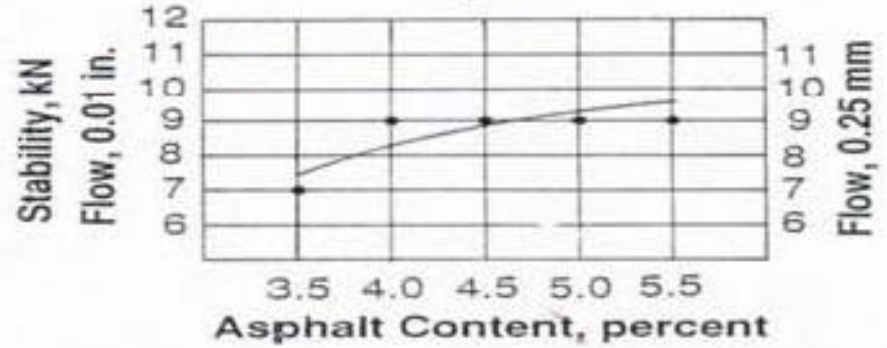
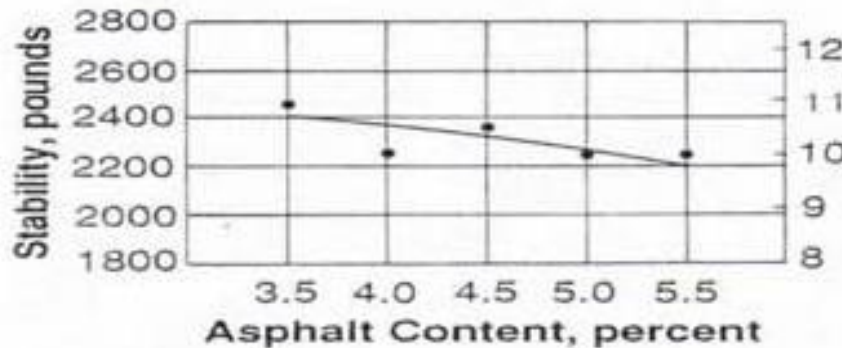
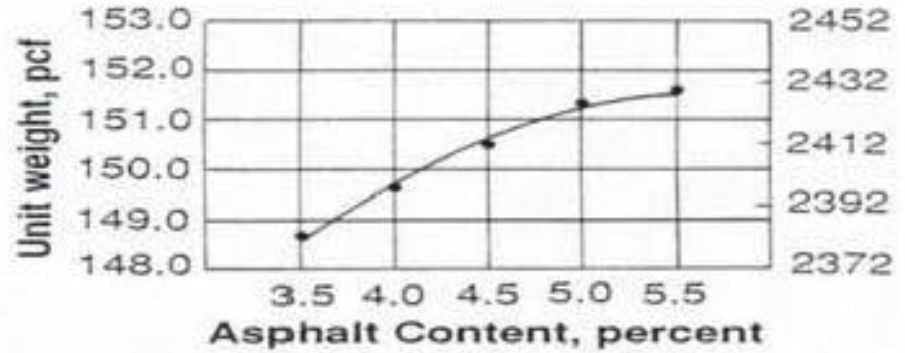
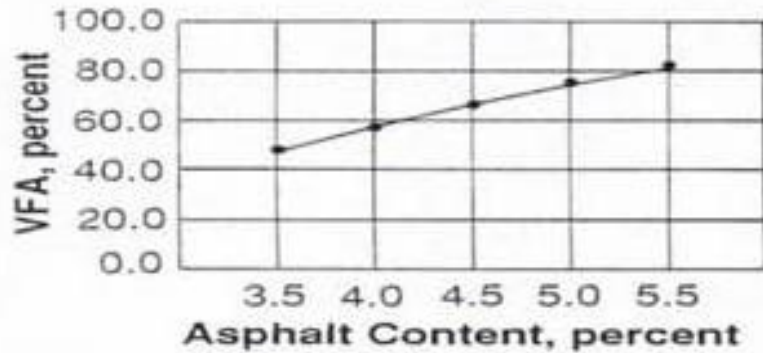
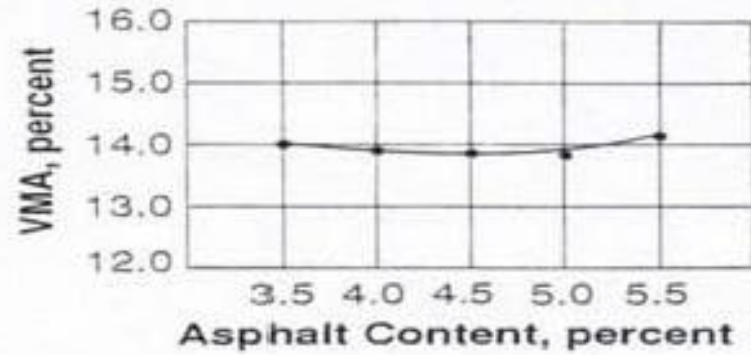
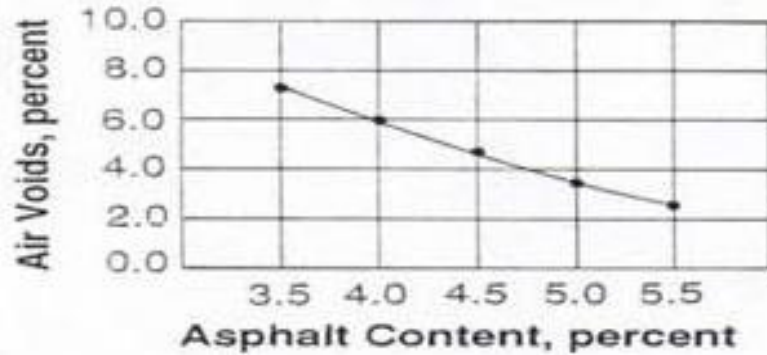
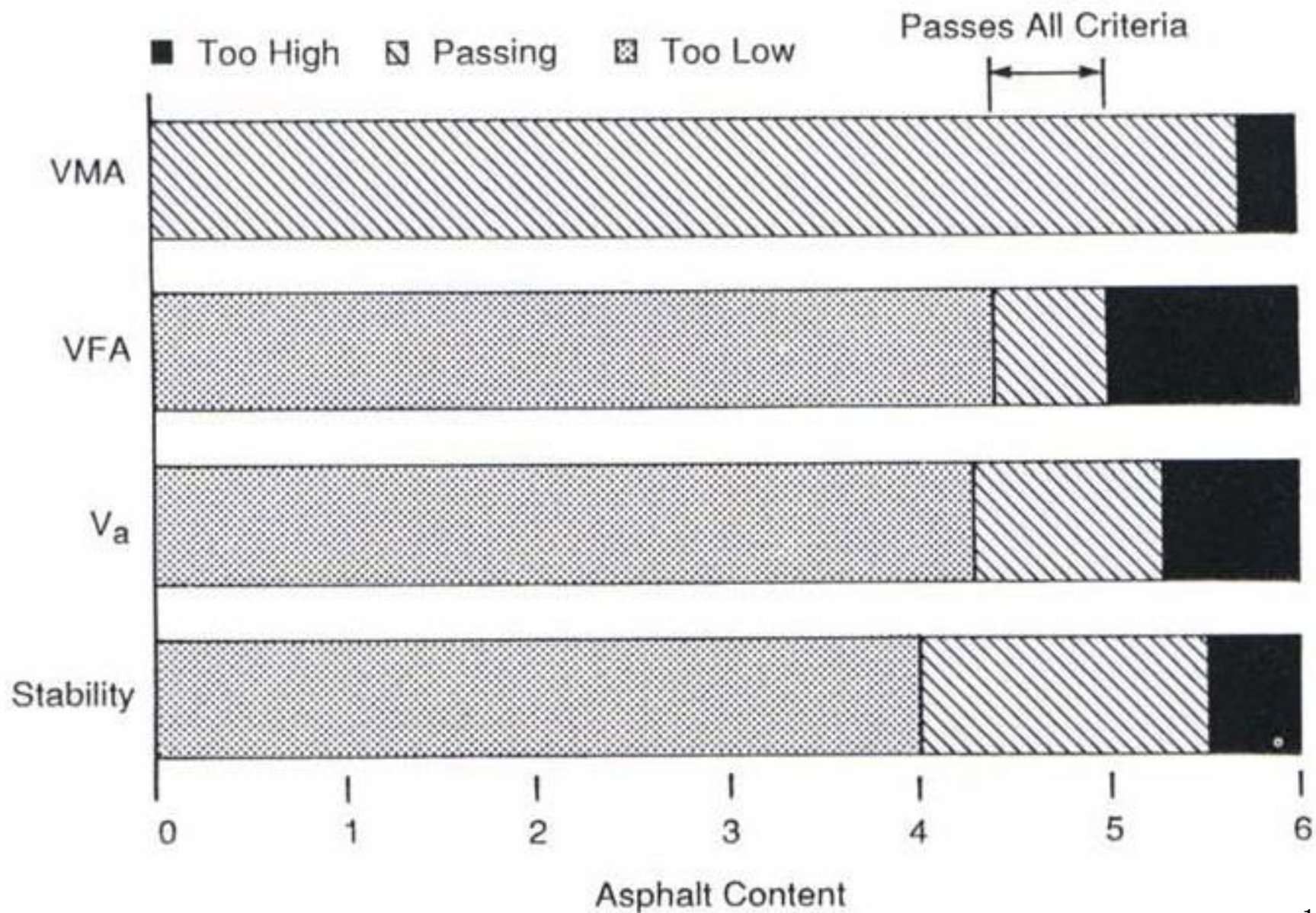


圖 15 適用含油量區間



5.3 施工要領

5.3.1 施工氣候

(1) 晴天及氣溫在 10°C 以上，

◎路面無積水現象時，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) 施工前應整修，符合設計圖幾何線形、坡度及橫斷面。

(2) 如有坑洞或低陷不平之處，應先填補整修滾壓堅實。

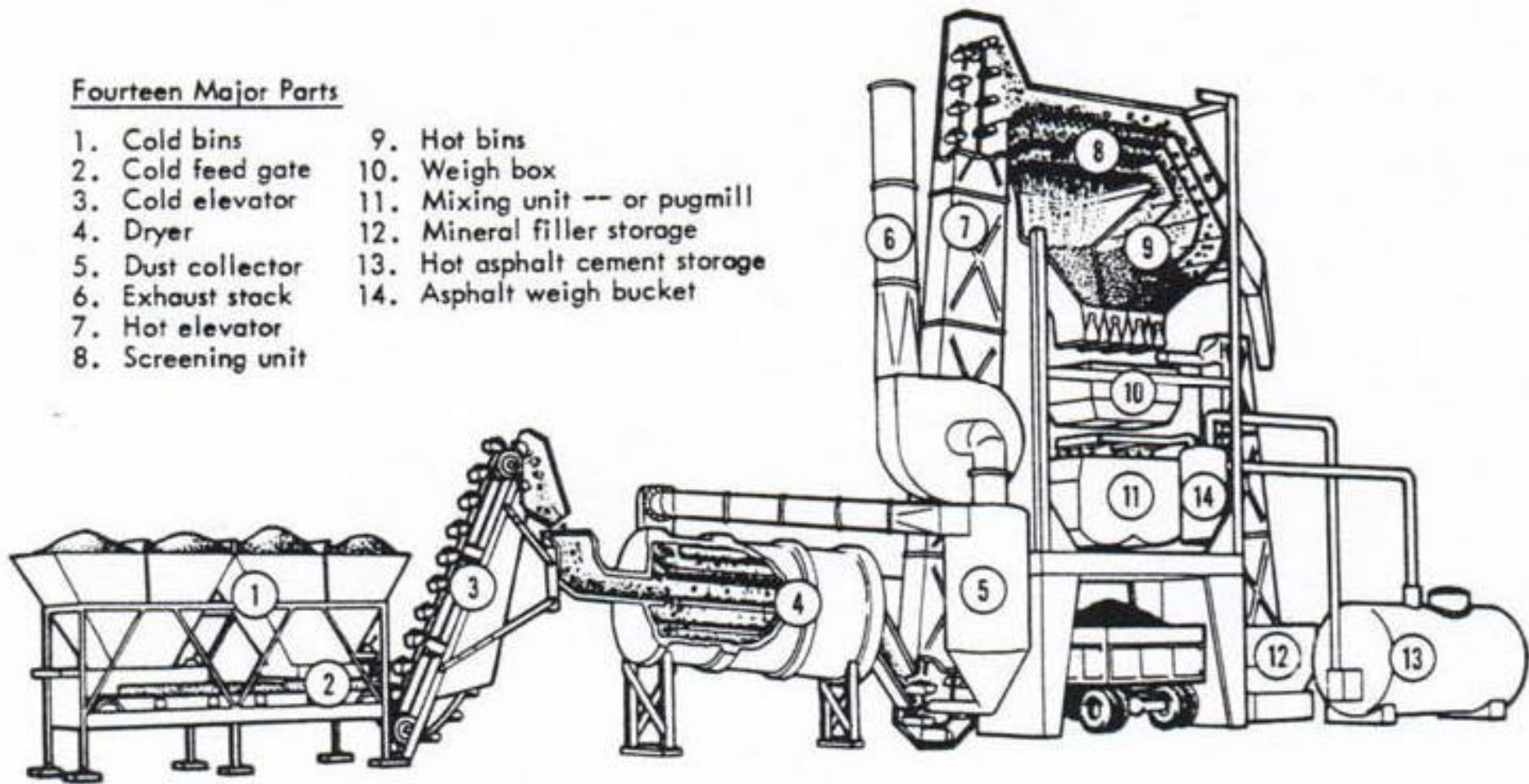
(3) 清掃機或竹帚將浮土及雜物清掃潔淨每邊各多30cm。

5.3.4 瀝青混凝土產製：應由合格瀝青拌和廠產製，國內普遍採用分盤式拌和廠（圖16）。

圖16 分盤式瀝青拌和廠

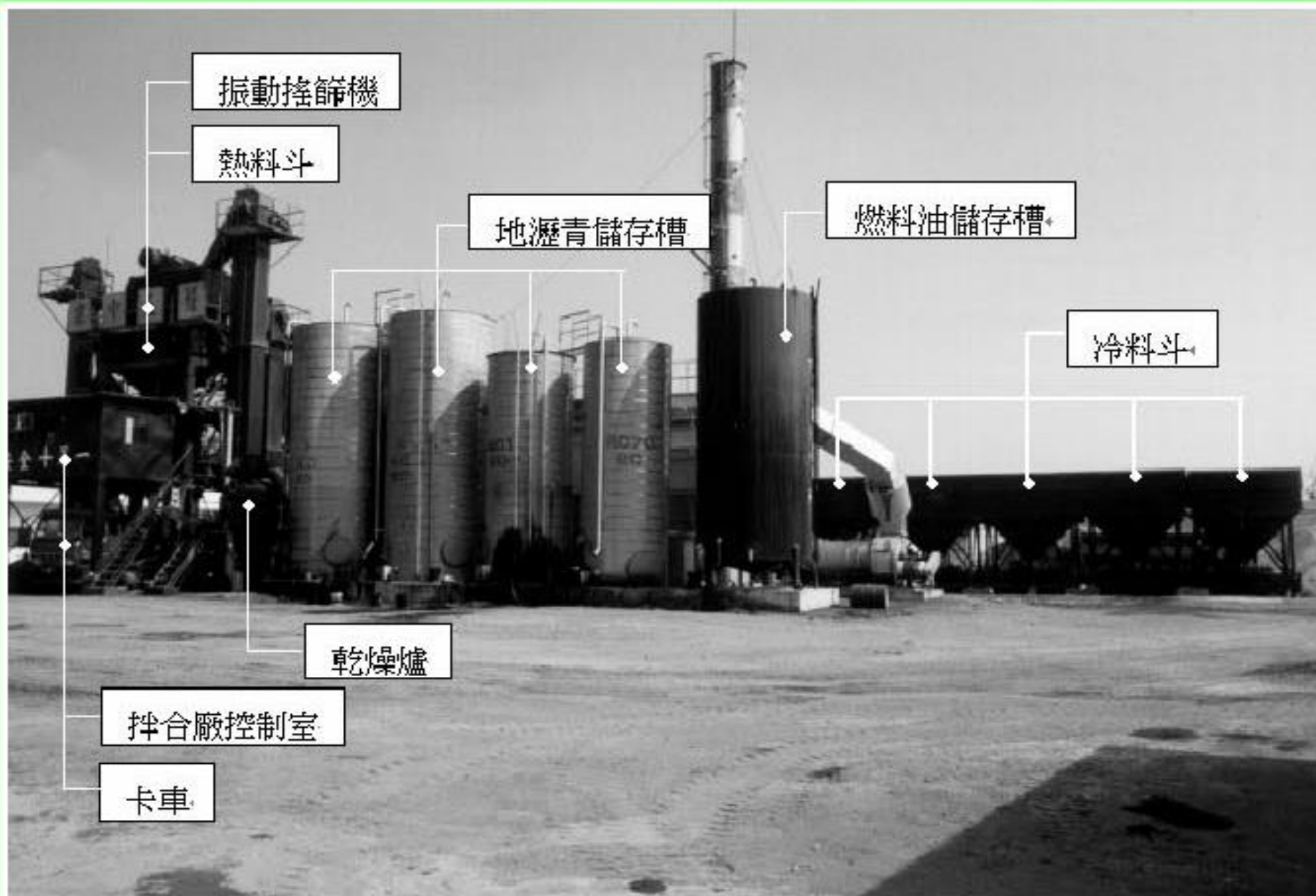
Fourteen Major Parts

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| 1. Cold bins | 9. Hot bins |
| 2. Cold feed gate | 10. Weigh box |
| 3. Cold elevator | 11. Mixing unit -- or pugmill |
| 4. Dryer | 12. Mineral filler storage |
| 5. Dust collector | 13. Hot asphalt cement storage |
| 6. Exhaust stack | 14. Asphalt weigh bucket |
| 7. Hot elevator | |
| 8. Screening unit | |





照片 3.1 拌合廠設備(A)



照片 3.2 拌合廠設備(B)



照片 3.3 冷料斗。



照片 3.4 塵埃收集器



照片 3.5 震動搖篩機、熱料斗、熱料計量設備及拌合機



照片 3.6 乾燥爐



照片 3.7 地瀝青儲存槽。



照片 3.13 拌合廠控制室-計量器及溫度之自動控制設備, 131



照片 5.3 拌合料裝載完成



照片 5.5 加蓋帆布

(**) 5.3.3 鋪築

(1) 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) 面層平整良好---先訂準線，鋪築機有所依據。

(3) 瀝青粘層良好之結合 (1)緣石、邊溝、人孔、原有面層之垂直切面，(2)建築物表面與瀝青料相接合處，應全均勻塗速凝油溶瀝青或乳化瀝青粘層，使良好結合。

(4) 鋪築機速度，須控制不得太快，瀝青料不得析離現象，使完成表面均與平整，經壓實能符合設計^{102 P}

5.3.3 鋪築

(5) 瀝青料倒入鋪築機鋪築時之溫度，不得低於120°C（瀝青AC--10）（若瀝青為AC—20則不得低於130°C）（圖17）。

(6) 應有熟練工人連續鋪築，足夠鏟手及耙手，有瑕疵，在壓實前予以適當修正（圖18）

(7) 人工鋪築處--鋪築機不能到達，用熱工具鏟入瀝青料耙平均勻鋪築，有適當之鬆厚度，俾壓實達到規定厚度及縱橫坡度。瀝青料如結成團狀，須先搗碎後，方能使用^{02-P}。

圖17 量測瀝青混凝土溫度

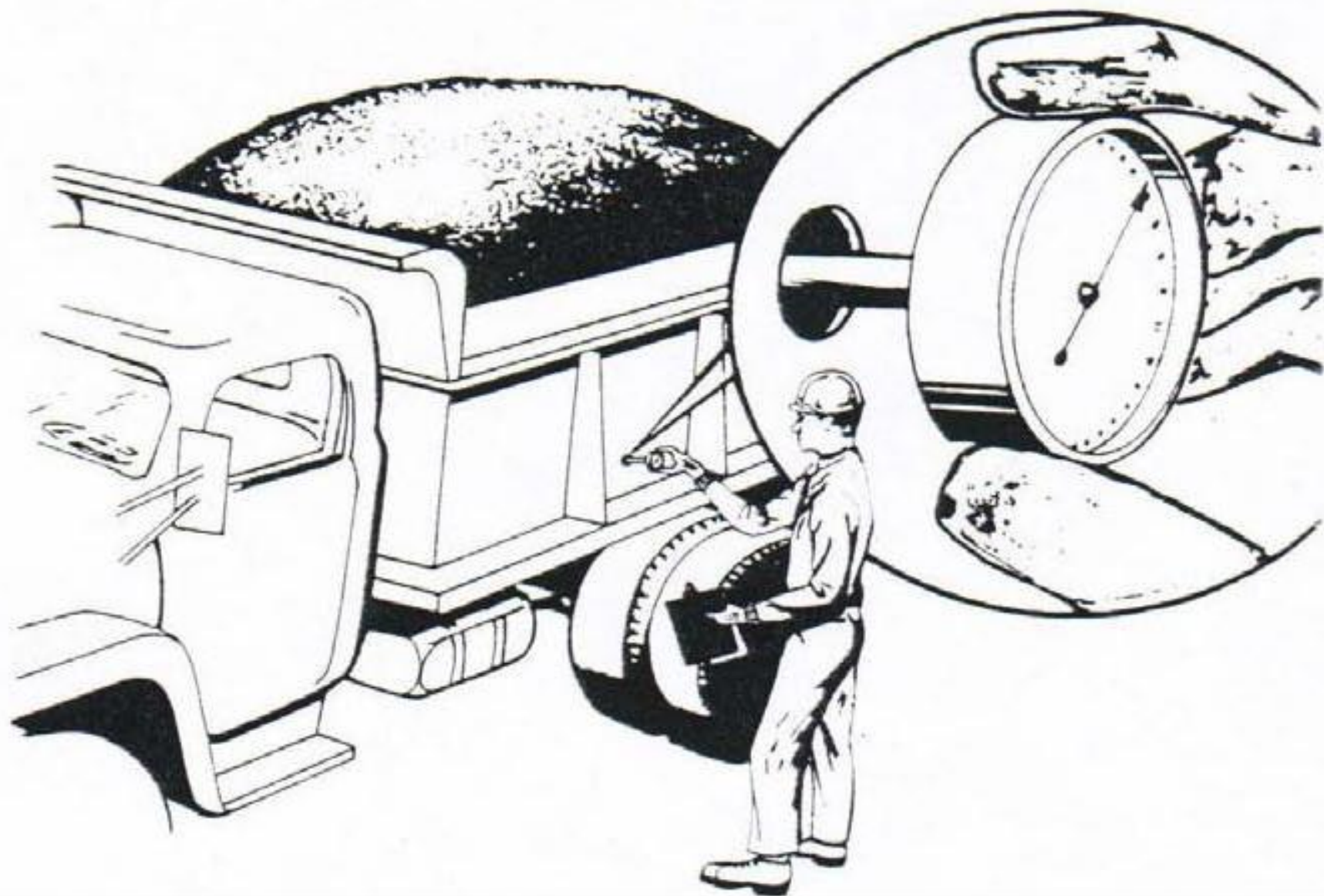
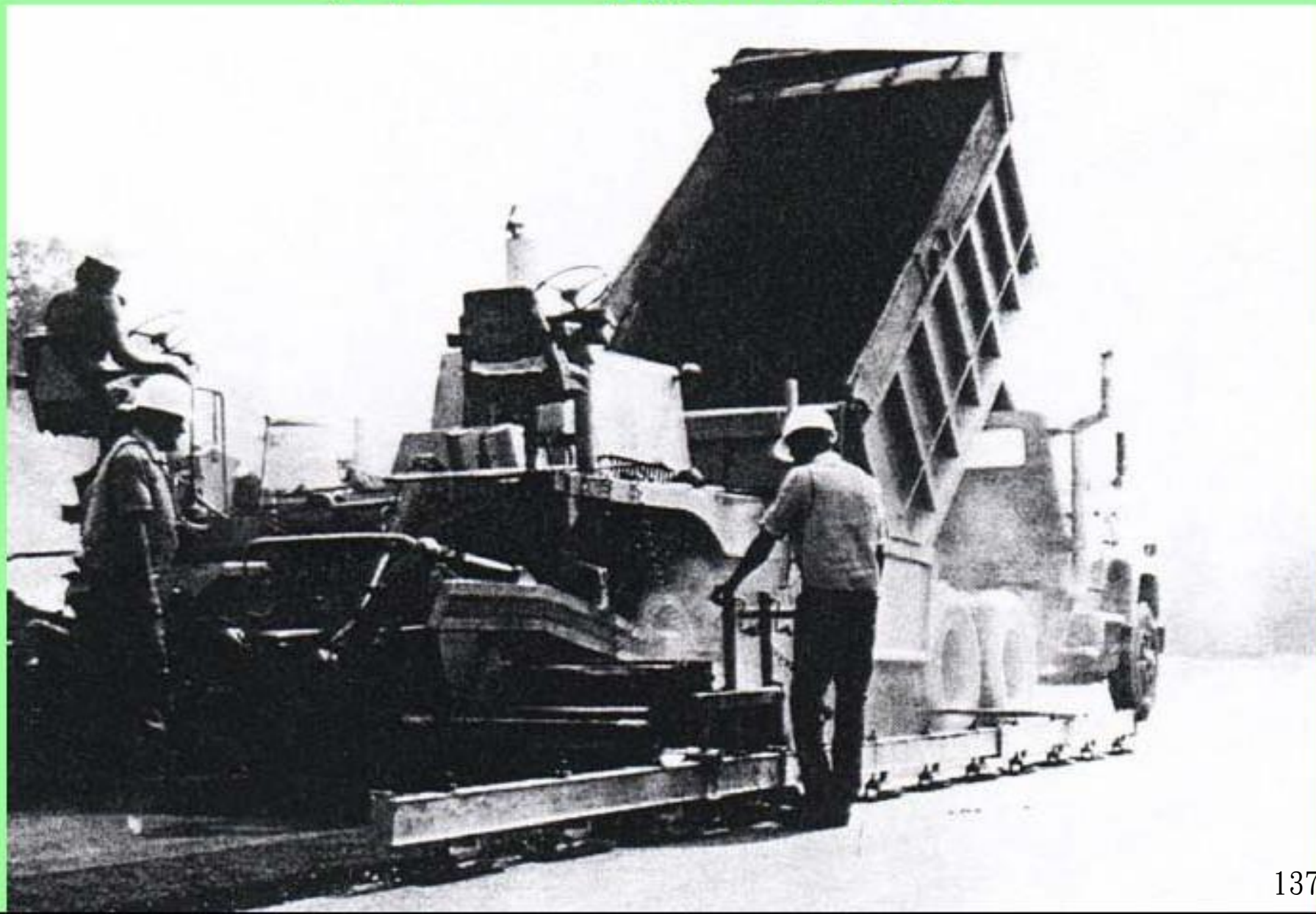
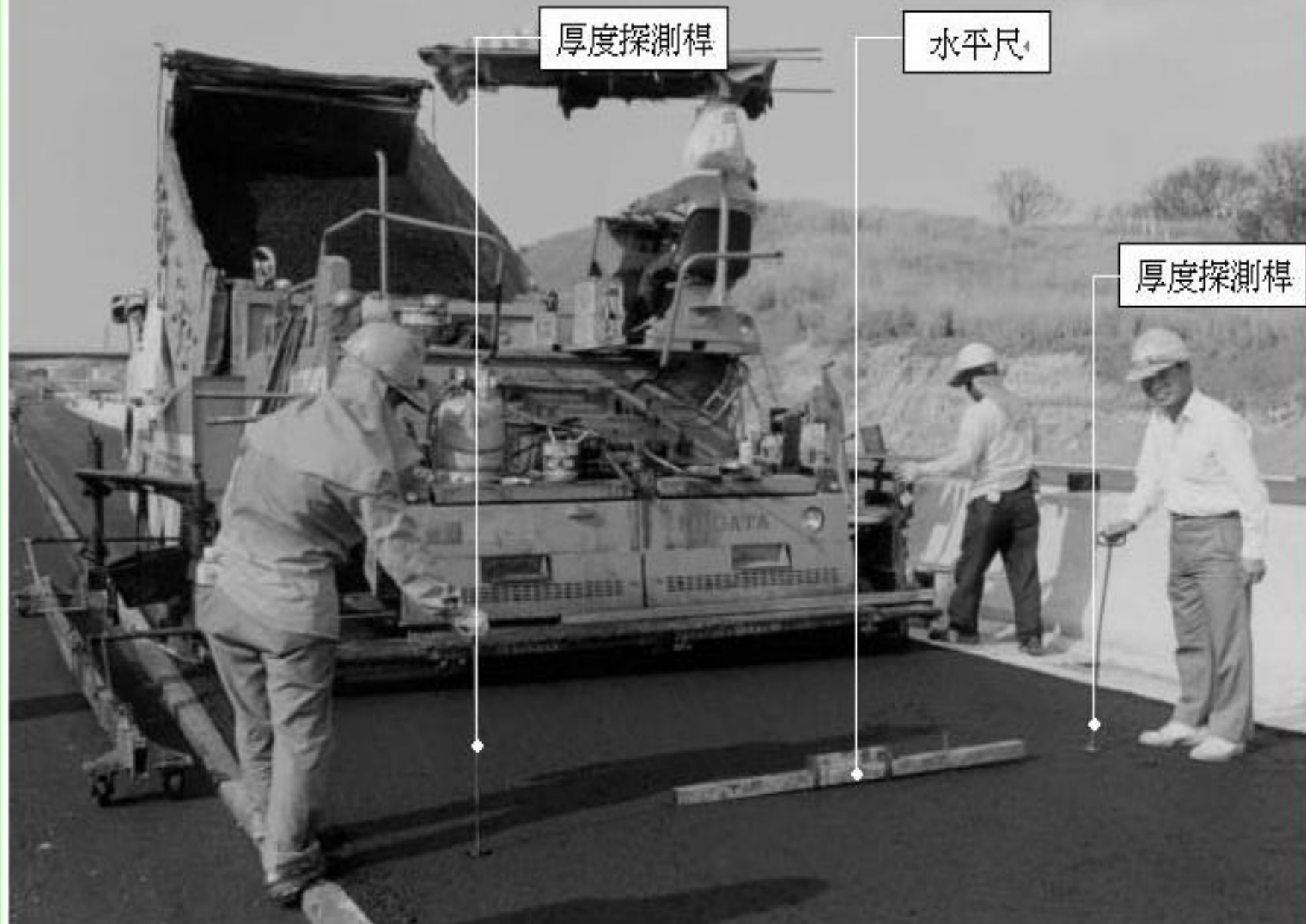


圖18 路面鋪設.





照片 6.5 鋪築機 (A)



照片 7.2 鋪築面橫坡度及厚度檢查

5.3.3 鋪築

(8) 工具加熱溫度不得高於鋪築溫度，僅使瀝青料不黏著。

(9) 路面如分層鋪築，前兩小時內，將前一層之表面清理潔淨，均勻噴黏層，增強兩層間之黏結。

(10) 各層縱橫接縫，不得築在同一垂直面上；縱向接縫應相距至少15cm，橫向接縫相距至少應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。



照片 7.5 橫向接縫

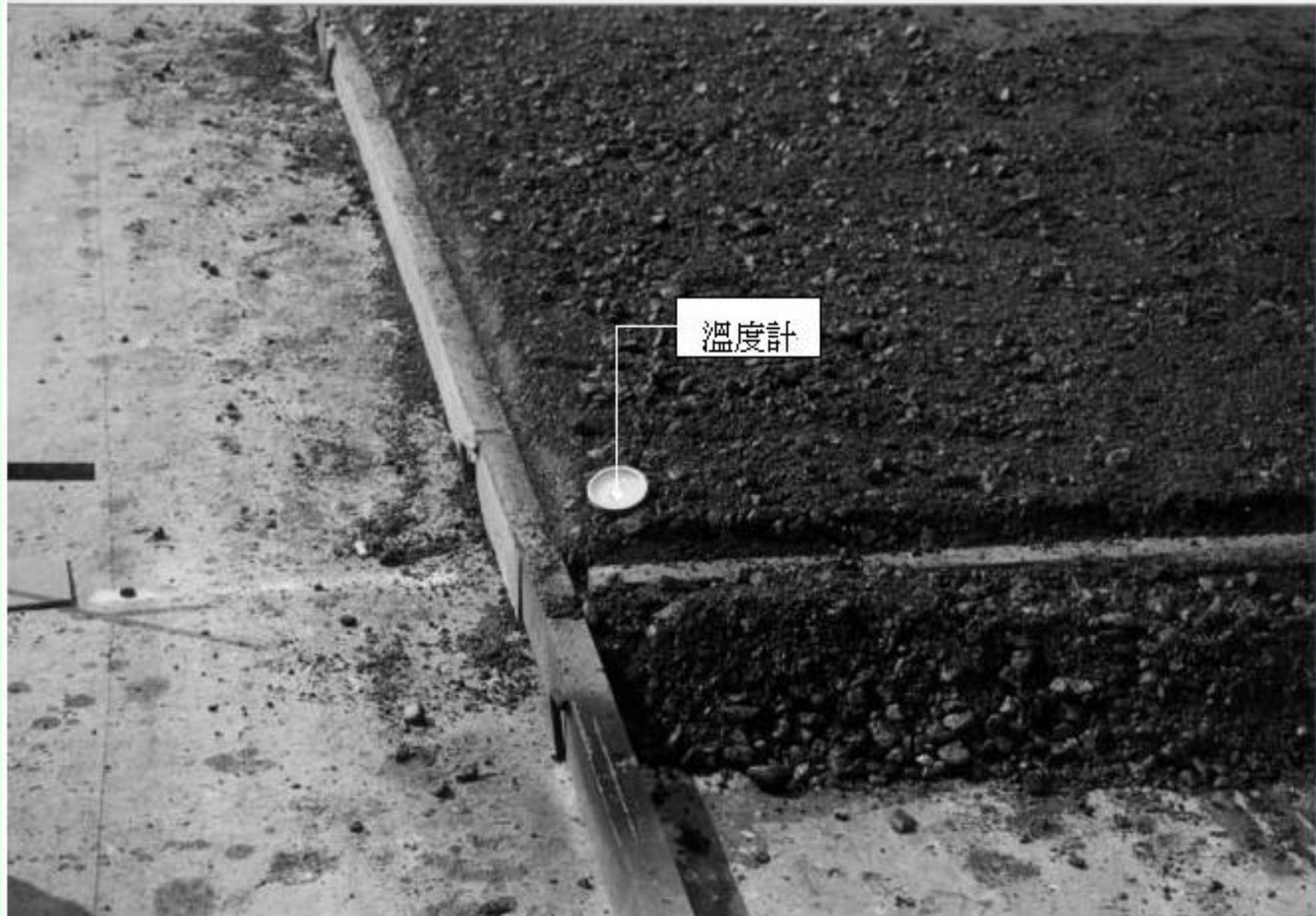
5.3.4 滾壓

計分(1)初壓(2)續壓(3)終壓等三階段,不同機具,
不同滾壓溫度

(1)鋪設滾壓--初壓溫度, (約為 $110^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$)當其
能承載壓路機而不發生過度位移或毛細裂縫時。

(2)滾壓應自車道外側邊緣開始,再移向路中
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,漸移向高側



照片 8.2 鋪築面溫度量測 (B)



照片 8.3 一部靜重二軸二輪壓路機進行初壓，二部膠輪壓路機進行續壓及修面壓。



照片 6.8 二軸三輪壓路機(前輪及後輪尺寸相同)

5.3.4 滾壓

(3) 壓路機之(1)驅動輪須朝向鋪築機，並與鋪築機同方向進行，(2)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，但水份不得過多，以免流滴於瀝青料內。

5.3.4 滾壓

- (5) 初壓鐵輪壓路機之滾壓速度，每小時不得超過3km，其餘每小時不得超過5km。
- (6) 滾壓速度均應緩慢，且不得在滾壓急轉彎、緊急煞車或中途突然反向滾壓，以免瀝青料發生位移。
- (7) 如料發生位移時，均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。

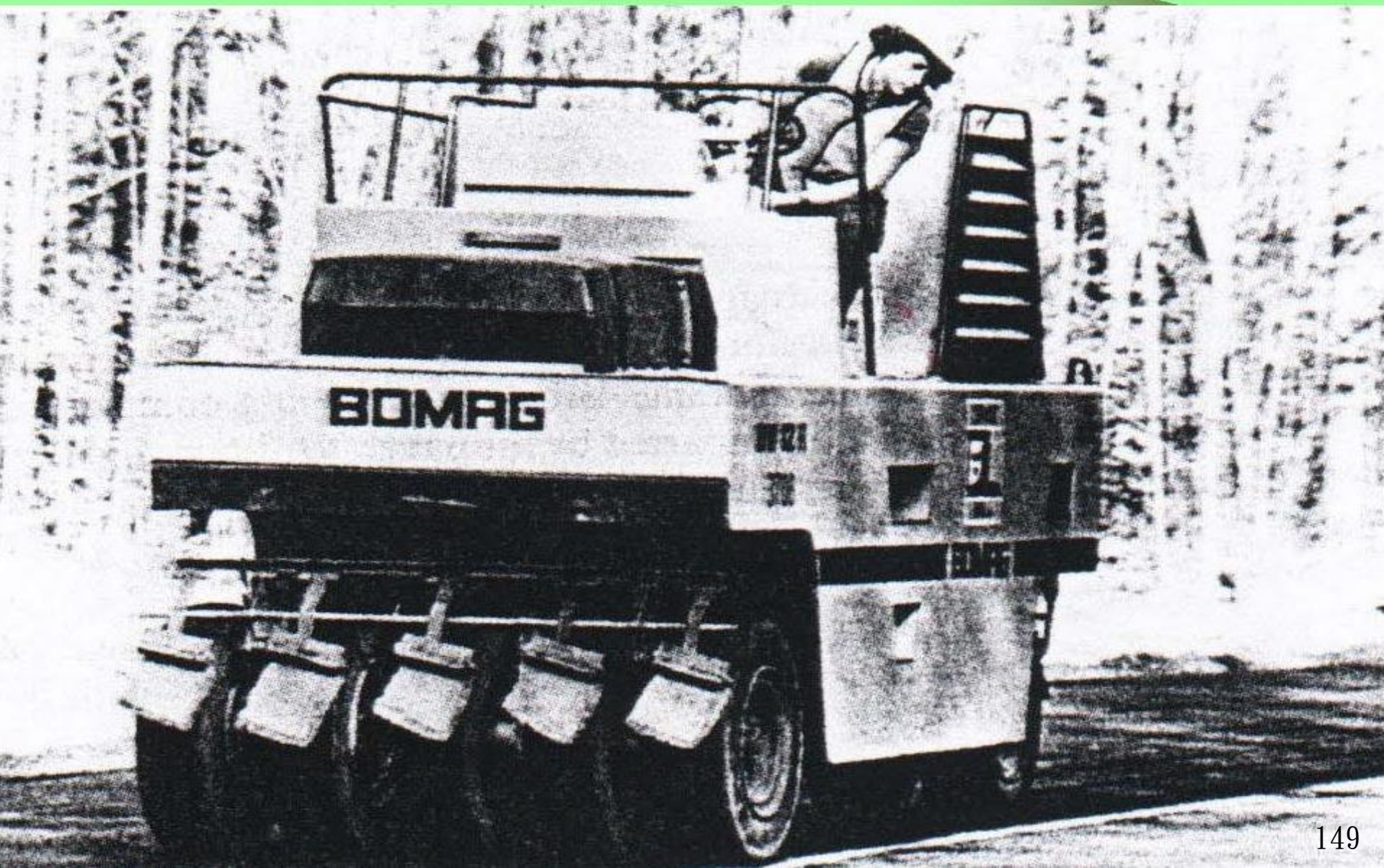
5.3.4 滾壓

(9) 路面之厚度、路拱、縱坡及表面平整度等，
(檢驗時機)-----均於初壓後檢查。

◎ 如有厚度不足、高低不平、粒料析離及其他不良現象時，均應修補或挖除重舖及重新滾壓，直至檢查合格時為止。

(10) 初壓後，續壓以膠輪壓路機 (圖19) 依上述方法滾壓至少四遍以上，使瀝青料達規定密度

圖19 膠輪壓路機 (注意駕駛方向之正確性！
驅動輪在前)





水潤系統

棕刷

照片 6.10 振動壓路機

5.3.4 (滾壓溫度應用瀝青試驗動黏滯度求得)---續壓滾壓

- (11) 滾壓速度，每小時不得超過5km，-----與
初壓壓路機之距離為60m，續壓滾壓時瀝青料之
溫度約為 $82^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ * (瀝青為AC-10) * (若
瀝青為AC-20，滾壓溫度約為 $100 \sim 110^{\circ}\text{C}$)
- (12) 最後以6~8噸二輪壓路機在路面仍溫暖時再
終壓。直至路面平整及無輪痕時為止。滾壓時，
瀝青料之溫度不低於 65°C 。(* 若瀝青為AC -20
滾壓溫度約為 $85 \sim 100^{\circ}\text{C}$).



照片 8.4 使用邊模之邊緣滾壓施工

5.3.4 滾壓

(13) 滾壓時，應使整段路面得到均勻壓實度。

(14) 滾壓路面，應符合設計圖說所示之路拱，應於滾壓時及時處理（瀝青混合料之溫度在 85°C 以上時）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，否則應予挖除，並重舖新料重壓。

(15) 滾壓後路面應禁止交通至少6小時或溫度降至 50°C 以下。（50度路面溫度恐有爭議）

5.4 瀝青路面維修

◎路面產生龜裂、破損、凹陷或推擠等破壞，若係

大面積者需要刨除重鋪，

◎若係小面積者可作局部維修，

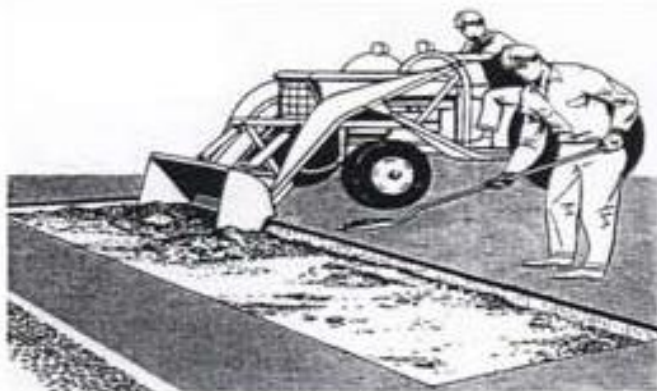
◎維修程序如下（參見圖20.）：

(1) 以切割機切割路面，各邊至少超出破壞面30cm，並清除損壞材料。

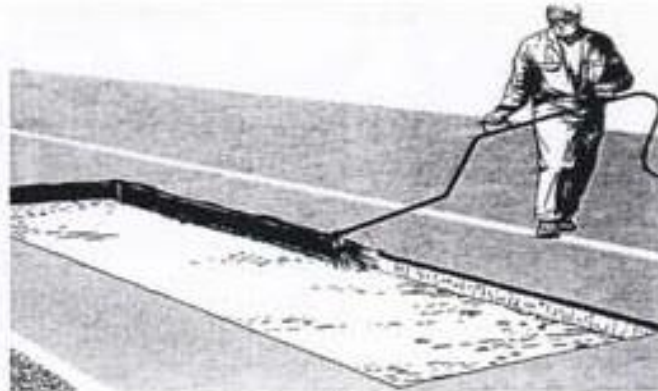
(2) 噴灑瀝青黏層。(3) 鋪上AC料。

(4) 刮平AC料。(5) 以振動夯實機夯實。

(6) 以直規檢測平坦度。



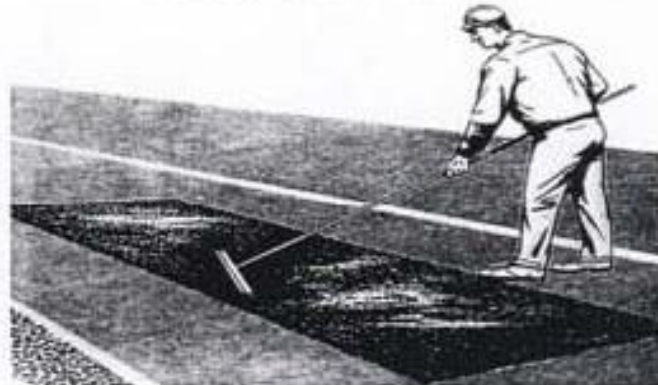
Removing Surface & Base



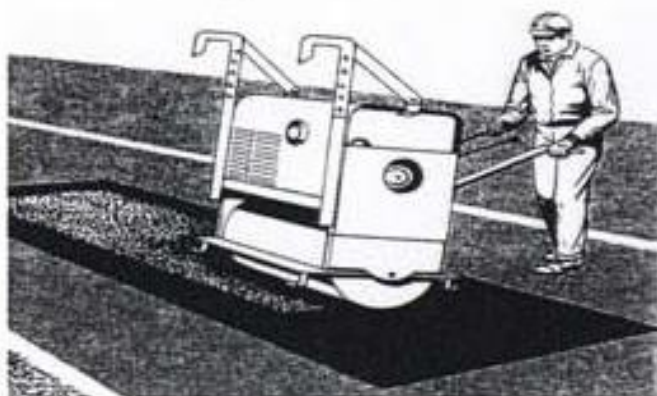
Applying Tack Coat



Backfilling Hole with Plant Mix



Spreading the Mix



Compacting the Mix



Straightedging the Patch

20圖 路面 維修步驟

5.5 檢驗基準

5.5.1 粒料級配及瀝青含量

- ★ 施工瀝青混凝土需定時抽樣檢驗其粒料級配及瀝青含量，通常每半天抽驗一次，
- ★ 國內採用AASHTO T30（抽取粒料之篩析法）及AASHTO T164（瀝青路面混合料瀝青含量試驗法-溶劑萃取法），目前已有引進燃燒法取代
- ★ 檢驗結果與配合設計值間之許可差如表9所示。

表9 粒料級配及瀝青含量許可差（個別值）

資料來源：美國瀝青學會施工規範範本[6]

表 9 粒料級配及瀝青含量許可差（個別值）

篩號	許可差，%
12.5mm (1/2) 以上	± 8
9.5mm (3/8in.) 及 4.75mm (No.4)	± 7
2.36mm (No.8) 及 1.18mm (No.16)	± 6
600 μ m (No.30) 及 300 μ m (No.50)	± 5
75 μ m (No.200)	± 3
瀝青含量（對混合料重量比%）	± 0.5

資料來源：美國瀝青學會¹⁹⁸¹施工規範範本[6]

5.5.2 平坦度 (亦稱路面平整度)

完成路面應平順緊密及均勻

- (1) ◎檢測：以3m長之直規或平坦儀 (圖21)
 - ◎沿平行於，或垂直於路中心線之方向檢測，
 - ◎任一點高低差規定：(a)底層面： $\pm 0.6\text{cm}$ ，
 - (b)面層面： $\pm 0.3\text{cm}$ 。
- (2) 所有高低差超過規定，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。

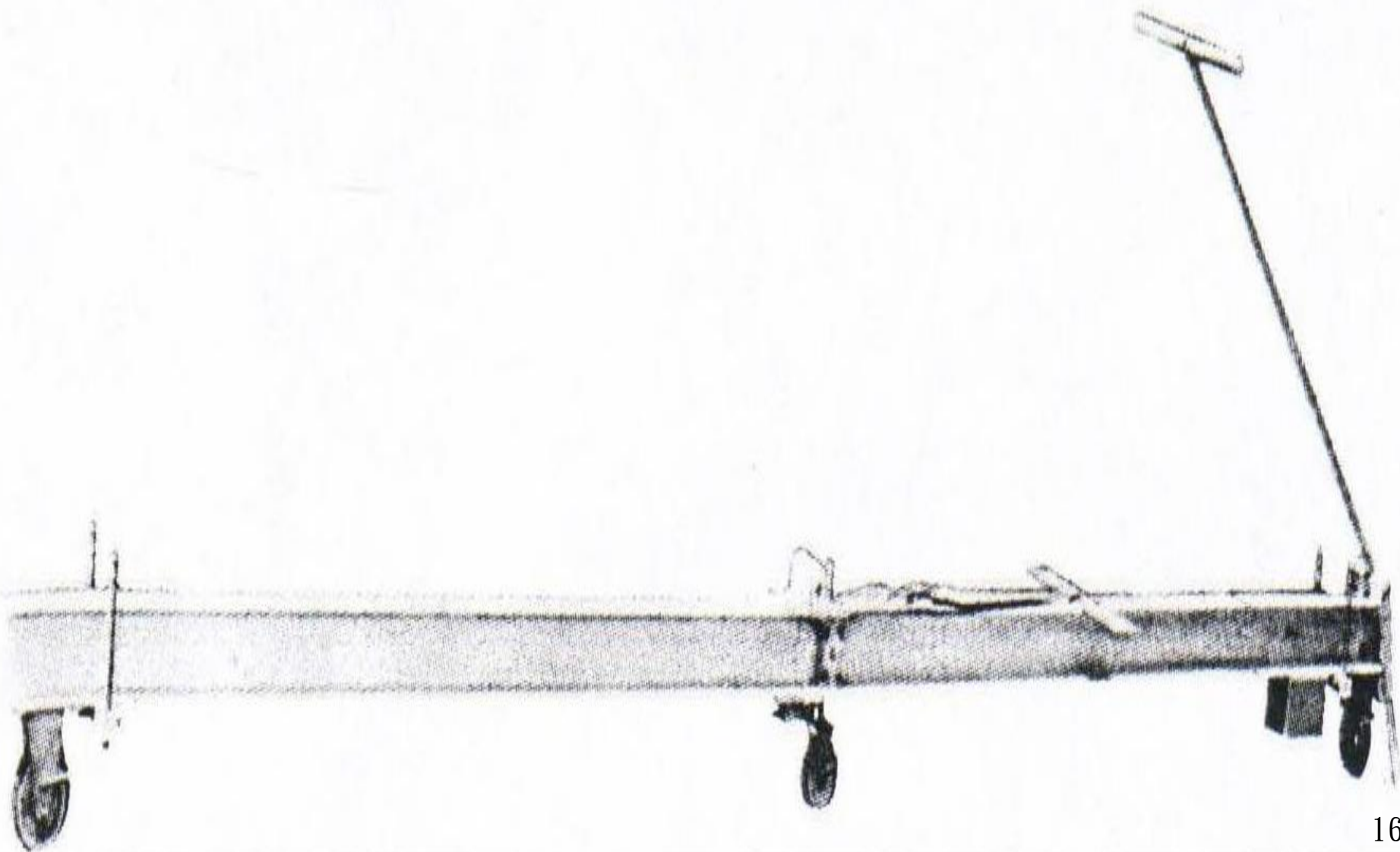


照片 9.2 3公尺直規



照片 9.3 鋪築面平整度檢查

圖21 三公尺路面平坦儀(使用前應校正)





5.5.3 舖築厚度

- (1) 檢測頻率：路面每1,000m²鑽取一件樣品（圖22），依CNS 8755 A3147檢測其厚度（圖23），檢測位置以隨機決定。
- (2) 規範：(a)任何一點厚度不得少於設計厚度10%以上(b)其全數之平均不得少於設計厚度。(a & b 均需達成)。

22 鑽取路面樣品

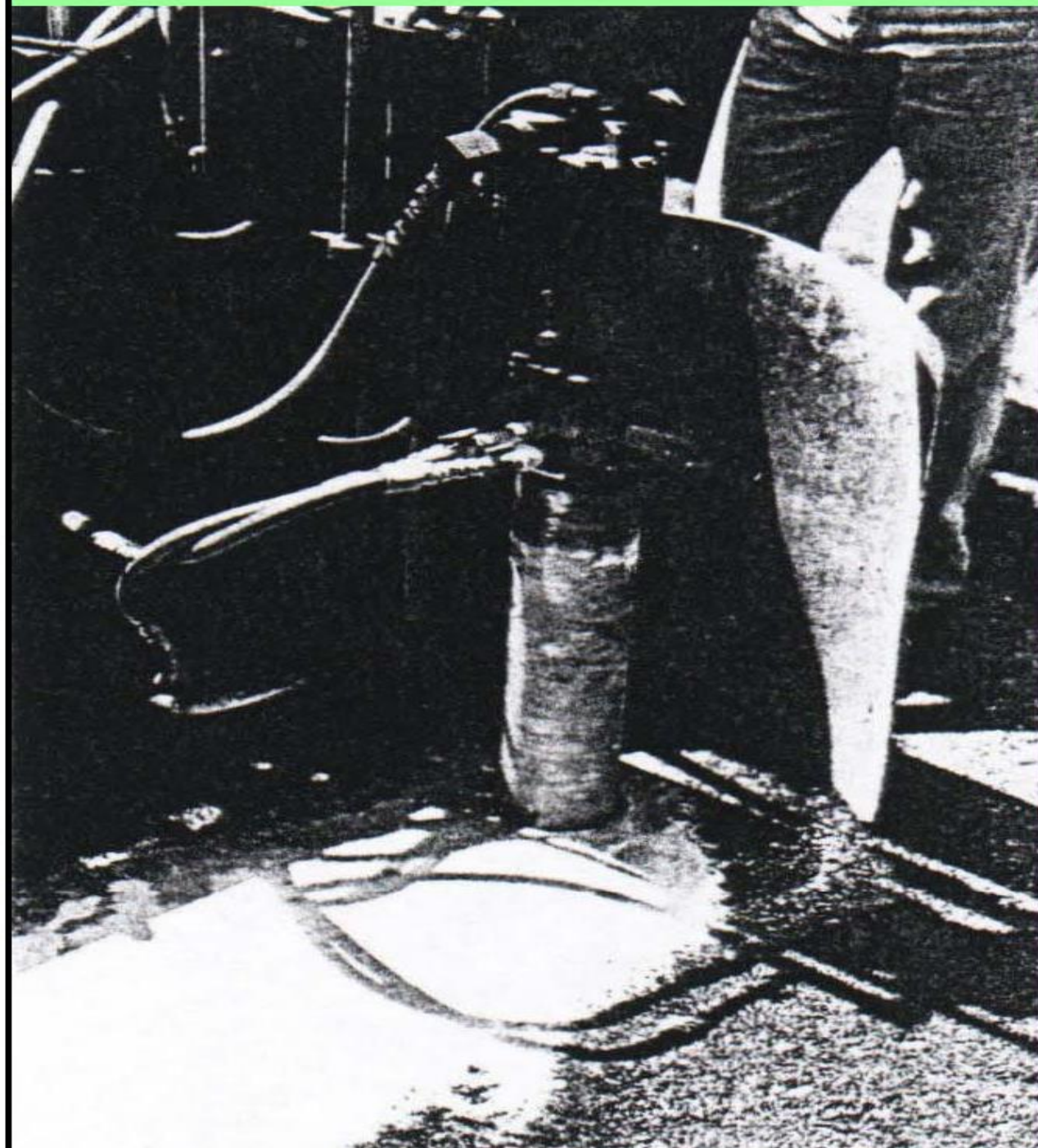
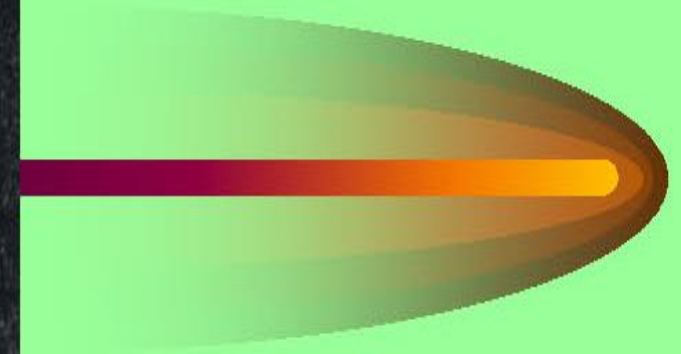
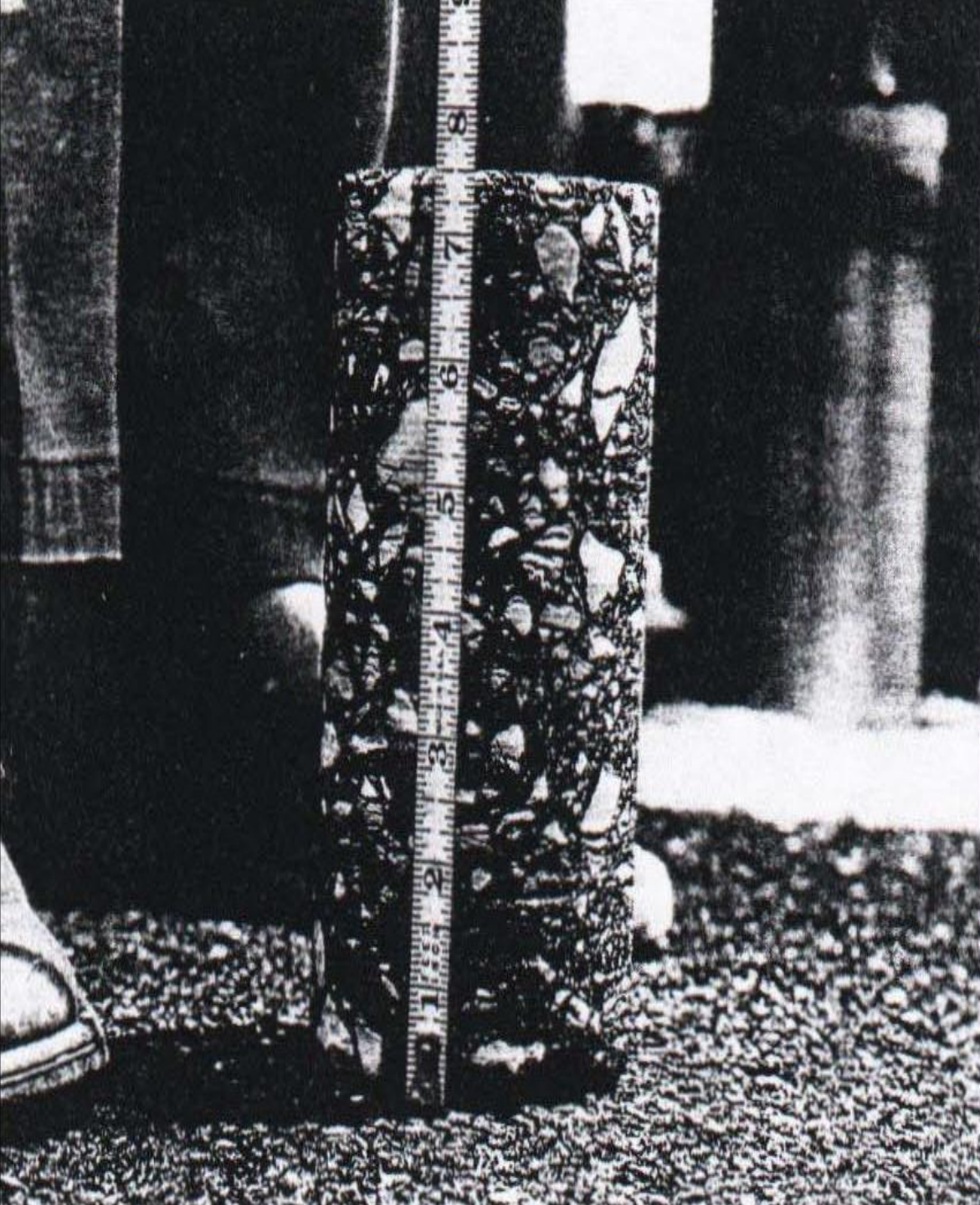


圖23量取樣品厚度



5.5.4 壓實度

◎美國瀝青學會AI SS-1 (1992年版)馬歇爾方法

◎每天在廠內做6個試體之夯壓試驗求其平均密度

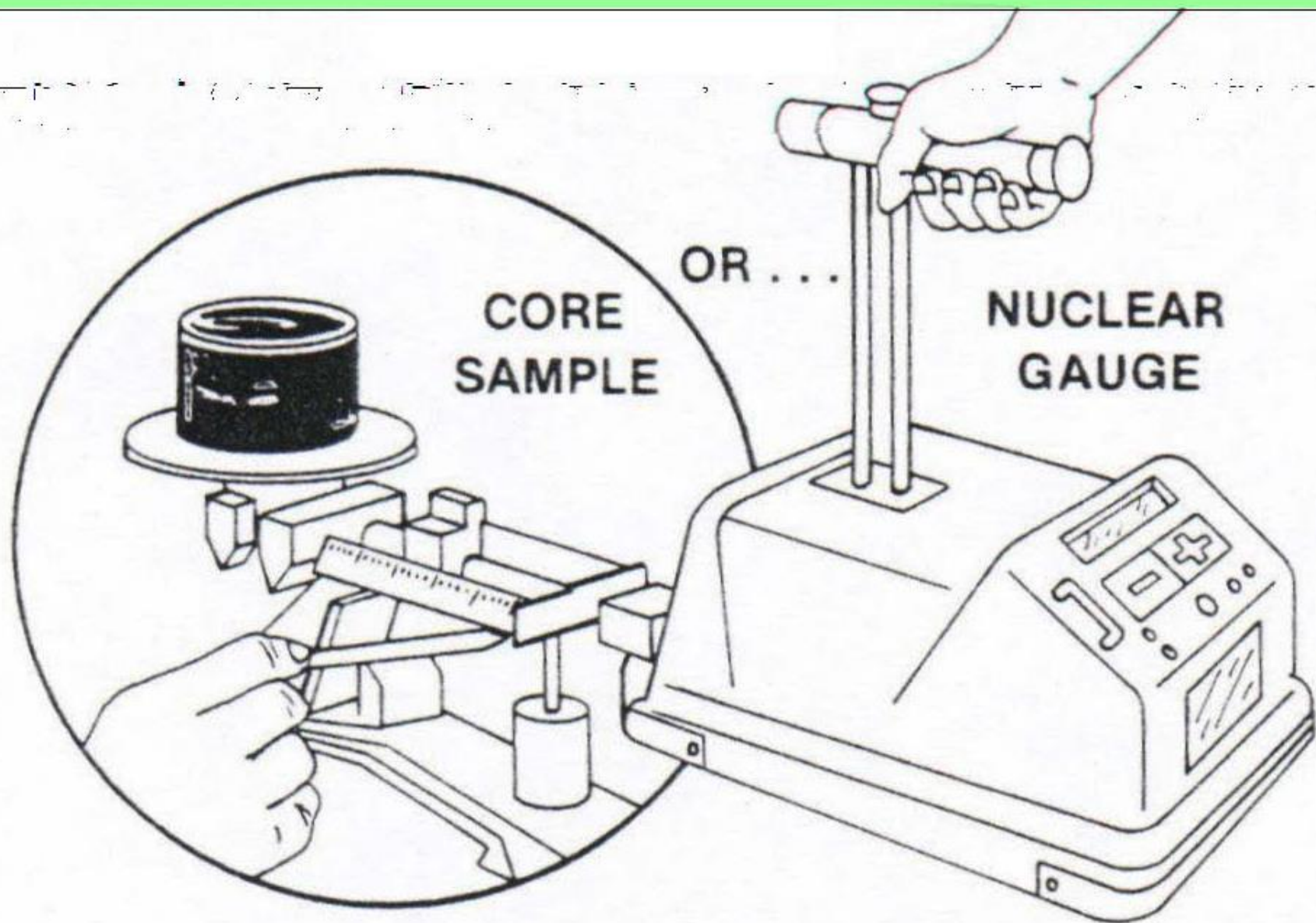
◎做5處工地鑽取試體密度試驗求平均值

◎規 範：該平均值應達到室內平均密度之96%以上，且任一工地密度不得低於室內平均密度之94%。

◎壓實度(%) = 5處工地鑽取試體密度試驗平均值 / 每天在拌合廠做夯壓試驗6個試體之平均密度 × 100 %

◎壓實度平均值96%以上 ◎任一壓實度 -- 94 %以上

圖24 鑽心試體及核子密度儀試驗



六、結語

品質檢驗結果,若有不合格情形應依契約規定處理,通常處理方式:

- (1) 再行加強施工改善:如碎石級配底層壓實度不足時。
- (2) 另外加封補足:如厚度不足時。
- (3) 減價收受:如品質偏差超出許可差在一定範圍內且無礙安全使用。*(須提報主管機關核定)
- (4) 拆除重建:如品質偏差超出許可差在一定範圍外。

七、(補充教材)瀝青混凝土工程一級品管與分項品質計畫(1)

◎承攬廠商擬訂品質計畫書時,對於瀝青混凝土品質管制應涵蓋於(1)品質管理標準、(2)材料及施工檢驗程序、(3)不合格品之管制、(4)矯正與預防措施、(5)內部品質稽核(6)文件與紀錄管理系統等。

****本章將對於瀝青混凝土於品質計畫書中有關品質控管規定提出探討！**

七、(補充教材)瀝青混凝土工程一級 品管與分項品質計畫(2)

- ◎有關 (1) 品質管理標準、(2) 材料檢驗程序、
(3) 不合格品之管制、矯正與預防措施等
相關控管規定,研議以表單格式執行(詳閱附錄)
- ◎並區分成 (1)材料選定前之送審流程、
(2)材料進料前之管制程序、
(3)材料檢試驗單位之核備程序、
(4)材料進場後之管理,
(5)材料檢試驗結果之管制方法等階段; ...
加以討論.

八. (補充)瀝青混凝土工程二級品管與分項品質計畫(1)

- ◎三層級品管制度的落實執行，攸關公共工程品質至鉅，第二層級的品質保證，扮演著公共工程品質把關的角色。
- ◎監造單位應於監造計畫中述明，有關瀝青混凝土品質保證至少應包括：
 - (1)施工分項計畫及分項品質計畫有效率審查、
 - (2)擬定材料抽驗程序及標準並確實執行，
 - (3)針對不合格品做處置，瑕疵列管，改善追蹤，預防管制；----- 以保證工程品質。

八. (補充)瀝青混凝土工程二級品管 與分項品質計畫(2)

◎二級品管中有關：

(1) 施工分項計畫及品質計畫審查作業程序、

(2) 材料抽驗程序及標準、

(3) 不合格品之處置等相關控管規定，***

*****以上，研議以表單格式執行(詳閱附錄)

◎並區分成三個階段 (1) 材料審查核定程序、

(2) 材料抽驗作業程序與管制，

(3) 材料不合格之處理流程等加以討論。

附錄:七、瀝青混凝土工程一級品管與分項品質計畫 7、2、相關使用表格：

- (一)承攬廠商瀝青混凝土品質管理標準表（表7.1.1）
- (二)瀝青混凝土採購需求表（表7.1.2）
- (三)瀝青混凝土廠選廠評估表（表7.1.3）
- (四)瀝青混凝土廠品質檢查表（表7.1.4）
- (五)承攬廠商選擇瀝青混凝土廠及瀝青混凝土廠產製能力評估方式（表7.1.5）
- (六)瀝青混凝土廠產製能力評估表（表7.1.6）

附錄:七、瀝青混凝土工程一級品管與分項品質計畫

7、2、相關使用表格：

(七)承攬廠商瀝青混凝土檢試驗一覽表（表7.1.7）

(八)承攬廠商瀝青混凝土施工時材料自主檢查表（表7.1.8）

(九)承攬廠商對材料品質缺失改善通知單（表7.1.13）

(十)承攬廠商對材料品質缺失改善追蹤表（表7.1.14）

八.(補充)瀝青混凝土工程二級品管與分項品質計畫 8、2、相關使用表格：

- (一)瀝青混凝土品質計畫書審查意見表 (表8.1.1)
- (二)監造單位瀝青混凝土抽驗審查及試驗紀錄表
(表8.1.2)
- (三)監造單位瀝青混凝土材料抽驗品質管理標準表
(表8.1.3)
- (四)監造單位瀝青混凝土施工時監工抽查表 -----
(表8.1.4)

八.(補充)瀝青混凝土工程二級品管與分項品質計畫

8、2、相關使用表格：

- (五)瀝青含油量抽驗及拌和料粒料級配篩分析抽驗不合格減價點數表（表8.1.5）
- (六)監造單位對材料品質缺失矯正預防通知單（表8.1.7）
- (七)監造單位對材料品質缺失矯正預防追蹤表（表8.1.8）

瀝青混凝土施工與管制

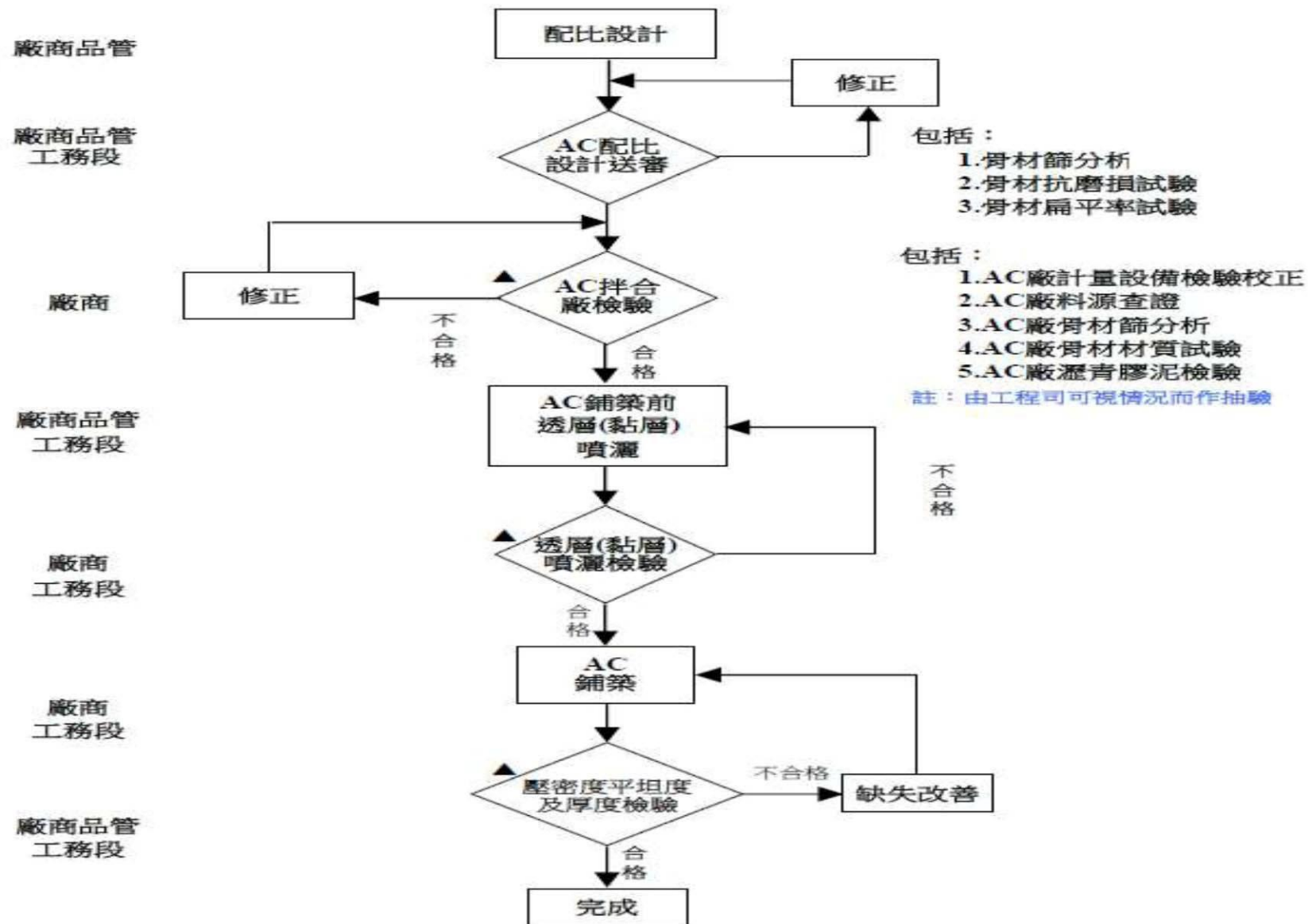
瀝青混凝土須具有下列特性

- **穩定性** (Stability)：有足夠強度，承受交通荷重，抵抗變形，不致於使路面發生扭曲或變位。
- **柔性** (Flexibility)：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。
- **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。
- **耐久性** (Durability)：有足夠之瀝青含量及料強度，抵抗外力作用及氣候影響之下所產生之粒料分離及剝脫等現象。

瀝青混凝土須具有下列特性

- **抗滑性** (Skid Resistance)：抵抗車輪剎車滑動之能力。
- **工作性** (Workability)：具相當流動性，以便鋪築和滾壓，而不致於發生粒料分離現象，以及能達到應有之壓實度。
- **密緻性** (Impermeability)：防止空氣與水份滲入之能力。

瀝青混凝土施工作業流程



註：

- (1).檢驗控制點(▲)：表示本作業進行之過程中必須暫停且通知監造單位並做成紀錄，檢驗後始可施作次一次作業點。
- (2).未作記號表示者，監造單位可隨時抽查。
- (3).施工檢驗結果符合規定時檢驗資料建檔保存；檢驗結果不符合規定而改正困難者，則報施工成果評核表，並依期規定程序辦理。

熱拌瀝青混凝土(HMA)配比設計

- 馬歇爾法(Marshall's Method)
- 威氏法(Hveem's Method)
- 超級鋪面(Superpave)配比設計法
- 1984年美國的統計資料
 - 有75%的州公路單位採用馬歇爾法，25%則採用威氏法來執行配比設計
 - 1995年開始，已經有好幾個州公路單位的部份工程改採用Superpave的配比設計方法。
- 本局施工說明書第02741章規定「配合比之試驗，除另有規定外，應依馬歇爾法辦理」。馬歇爾(Marshall)法

路面材料設計（配合設計）

設計條件：

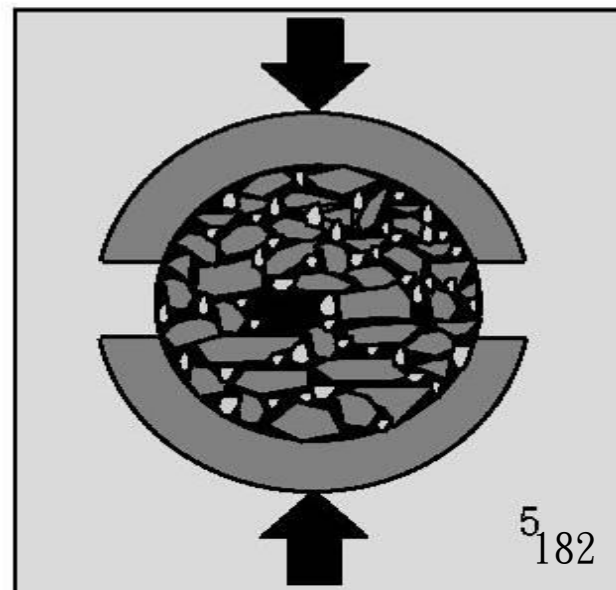
材料規格

穩定值、流度、孔隙率等性能

決定項目：

材料種類

配合比例



材料管制

◆ 材料品質為產品品質之關鍵因素

建立材料總表

材料名稱

規格

使用數量

訂購數量

料源

進場日期

檢驗項目及頻率

建立材料文件資料檔案

材料規格標準

材料檢驗方法標準

材料檢驗單位

名單（地址、電話、聯絡人等）

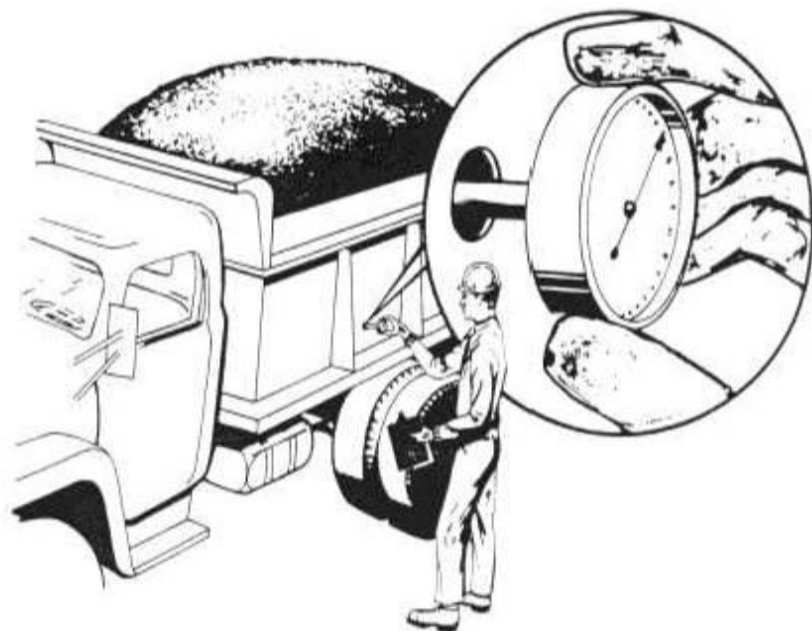
辦理項目

價格

材料用量及檢驗管制表

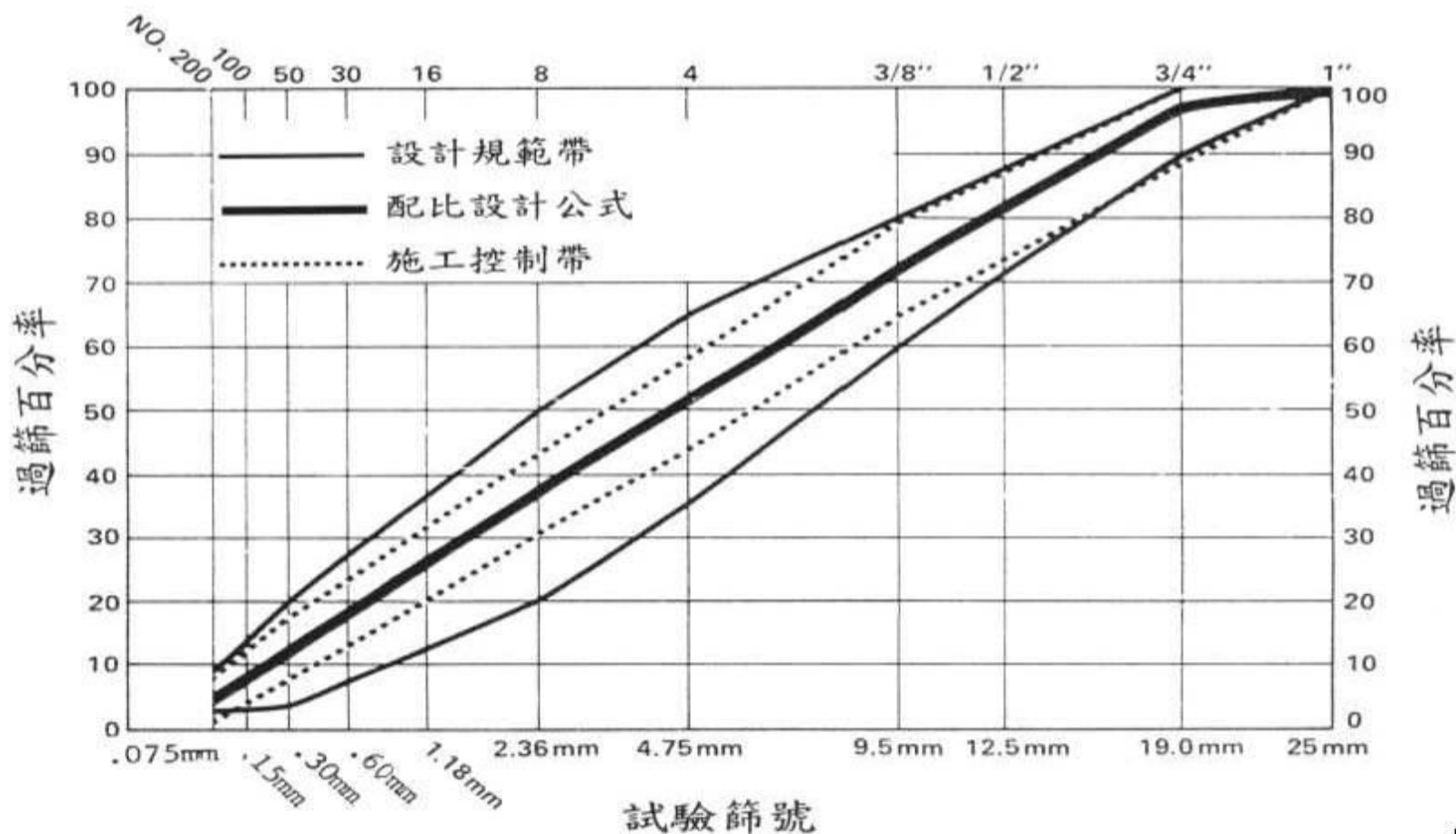
進料檢驗

- 查驗文件
 - 出廠證明
 - 出廠檢驗報告
 - 磅單
- 盤查
 - 外觀
 - 標示
- 抽樣驗證（場驗、送驗）



配比設計

- 選擇各尺寸粒料比例使符合級配要求



- 試拌及夯製試體



拌和試樣



夯製試體

- 馬歇爾穩定及流度試驗

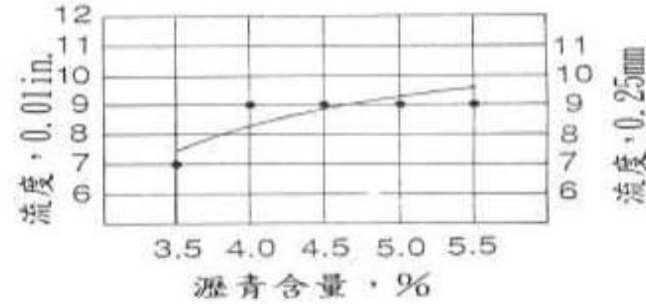
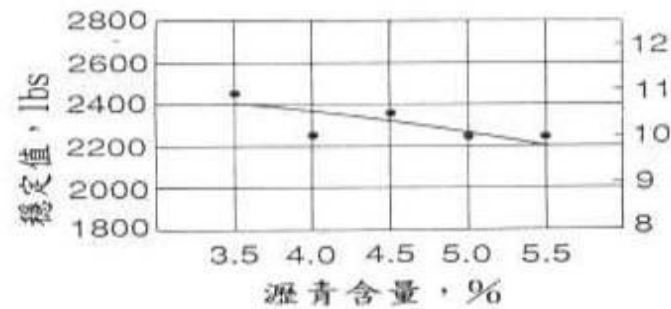
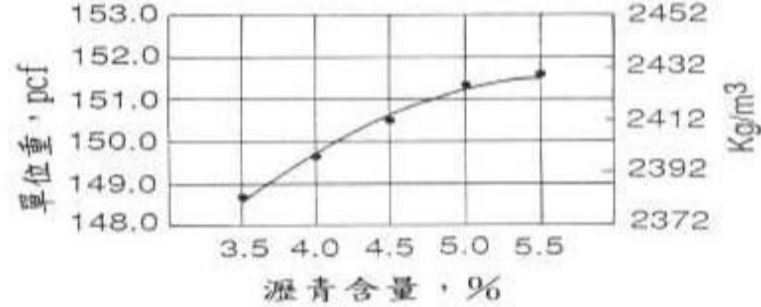
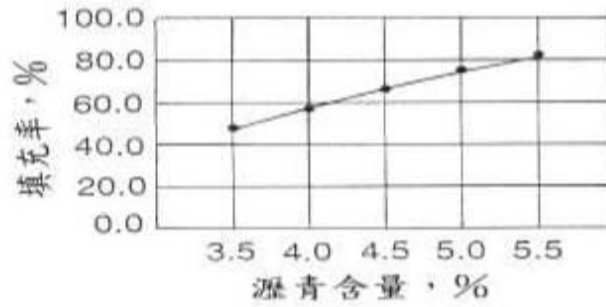
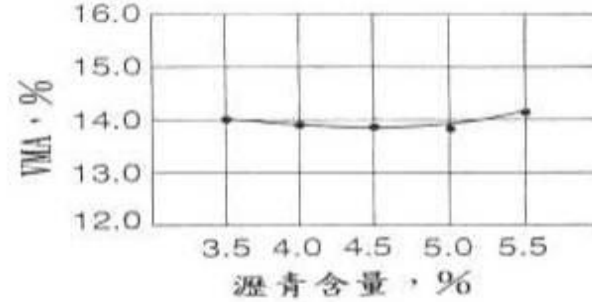
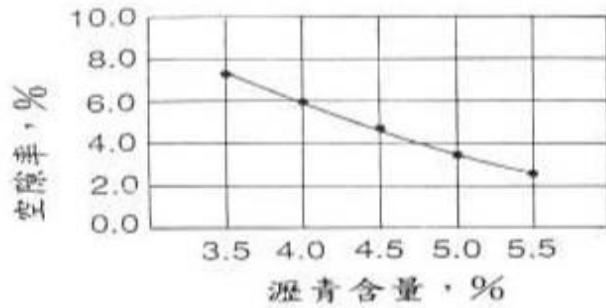


60°C 浸置試體

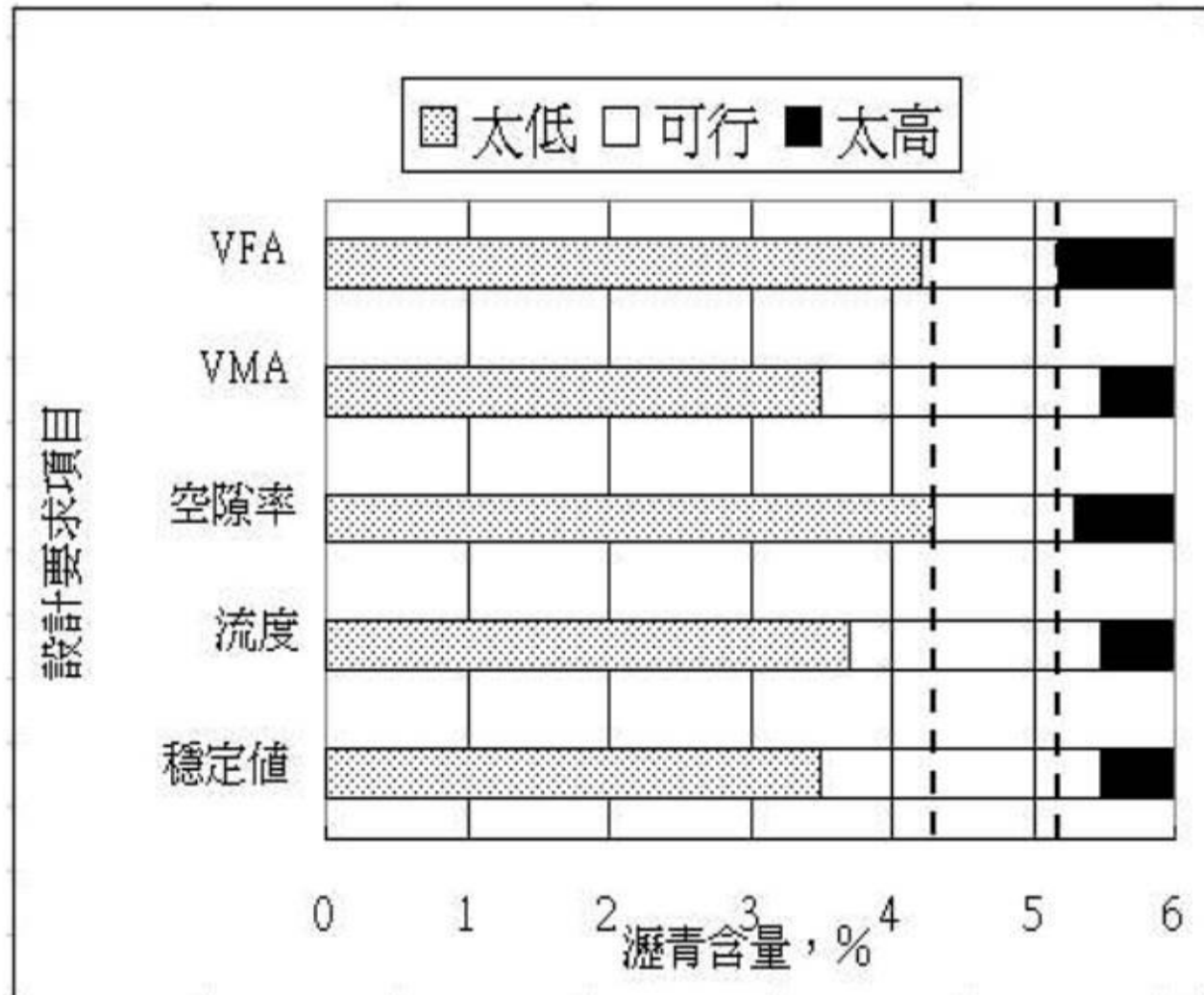


穩定值及流度試驗

繪製各性能對瀝青含量之關係圖



選擇最適瀝青含量



配比設計報告

- **工地拌和公式 (JMF) :** 粒料級配及瀝青含量 (AC%) 。
- **指定配比下之AC性質 :** 包括試體密度、理論最大密度、穩定值、流度、空隙率、VMA (粒料間空隙率)、VFA (瀝青填充空隙率) 。
- **材料性質資料 :** 瀝青等級、比重, 粒料來源、級配、比重和吸油率, AC理論最大密度。
- **試拌結果 :** 至少5個AC%之AC性質與AC%關係曲線。

3. 製程管制

- AC拌和廠生產管制
- 工地鋪築施工管制
 - 透層
 - AC處理底層
 - 黏層
 - AC面層



- AC拌和廠生產管制
 - 設備檢查（驗廠）
 - 工廠試產（試拌）
及調整
 - 量產



- 工地鋪築施工管制

- 機具檢查

- 種類、數量
- 性能

- 施工檢查

- 溫度
- 外觀
- 鬆方厚度
- 滾壓次數
- 平整度



瀝青膠泥等級之適用性

針入度值愈大、黏度值愈小，代表瀝青愈軟，選用的原則為避免瀝青膠泥因環境溫度過低而產生低溫龜裂，較低溫地區應使用較軟的等級

美國瀝青協會（AI）建議依環境溫度選用瀝青膠泥之原則

氣溫狀況	瀝青等級	
年平均氣溫 $\leq 7^{\circ}\text{C}$	AC-5 AR-2000 針入度120/150	AC-10 AR-4000 針入度85/100
$7^{\circ}\text{C} <$ 年平均氣溫 $< 24^{\circ}\text{C}$	AC-10 AR-4000 針入度85/100	AC-20 AR-8000 針入度60/70
年平均氣溫 $\geq 24^{\circ}\text{C}$	AC-20 AR-8000 針入度60/70	AC-40 AR-16000 針入度40/50

施工與鋪築



瀝青混凝土施工

- 瀝青混凝土之鋪築與滾壓是路面工程最後階段。
- 其結果會直接影響用路人對於路面好壞之直覺。
- 甚至影響用路人對整個工程品質的觀感。
- 瀝青混凝土之鋪築與滾壓階段之品管為路面工程重要的一環，但往往被忽略。

透層

- 透層：在底層級配粒料上鋪設瀝青混凝土前，撒佈一液體瀝青稱為「透層」。
- 灑佈透層之目的：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，並增加底層與瀝青混凝土之結合。
- 常用材料：油溶瀝青或乳化瀝青
- 本局施工說明書規定「所用瀝青材料除另有規定外，採中凝油溶瀝青MC-70，...，使用溫度為50~60°C」。

透層

- 瀝青透層應於天晴風和，溫度 16°C (10°C) 以上施工。
- 在撒佈透層前，如底層表面有凹凸不平處，應以適當材料修補平整滾壓堅實。並以清掃機或竹掃帚將表面其他雜物清除乾淨。
- 底層乾燥或略有潮濕，如過份乾燥應稍微灑水，使其略呈濕潤，以利瀝青材料之均勻擴散，但表面不得有多餘之水份。



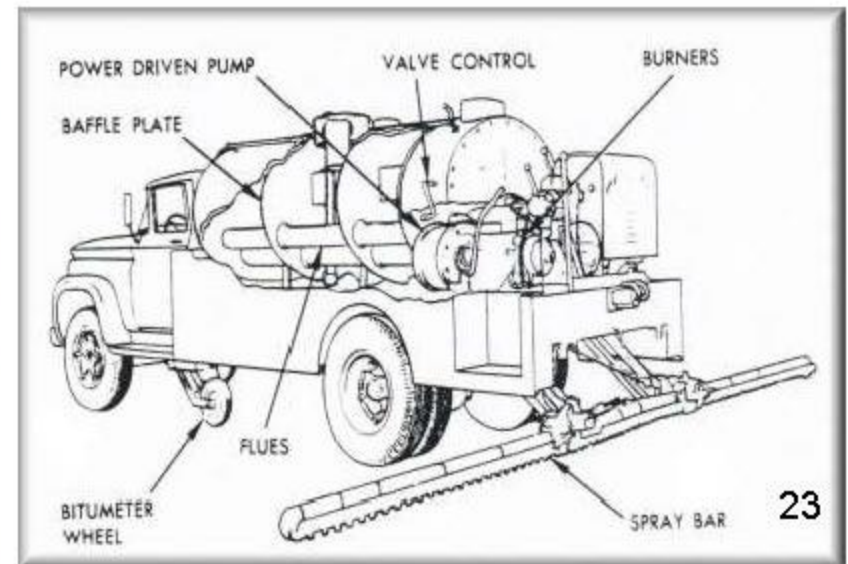
透層

- 撒佈前，附近構造物如橋梁、涵洞、緣石、欄杆及護欄等，均應預予適當遮蓋，以防被瀝青材料濺污。
- 分段或分道撒佈瀝青材料時，其銜接處應鋪以適當寬度（通常為1m）之厚紙，使開始撒佈時噴於紙上，以防重複，而免用量過多
- 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。



透層

- 底層整理完妥後，即用壓力瀝青撒佈機或手壓噴油機，依設計用量均勻撒佈。



黏層

- 黏層：瀝青粗級配或密級配採用分層鋪築，其相隔時間較長，或在舊瀝青路面上加鋪瀝青層時，需先撒佈液體瀝青或地瀝青作為黏層（tack coat）
- 灑佈黏層之目的：增進兩層間之粘結力。
- 常用材料：油溶瀝青或乳化瀝青。
- 本局施工說明書規定「所用瀝青材料除另有規定外，採用陽離子乳化瀝青CRS-1或乳化瀝青RS-1或SS-1，...，使用溫度為25~55°C」。



黏層

- 瀝青黏層應於天晴風和，溫度 16°C (10°C) 以上，路面充分乾燥後施工。
- 在撒佈黏層前，原有路面如有洞穴、裂縫應先修補平整。然後以清掃機或竹掃帚將表面其他雜物清除乾淨。
- 清掃潔淨後，即用壓力瀝青撒佈機或手壓噴油機，依設計用量均勻撒佈。



黏層

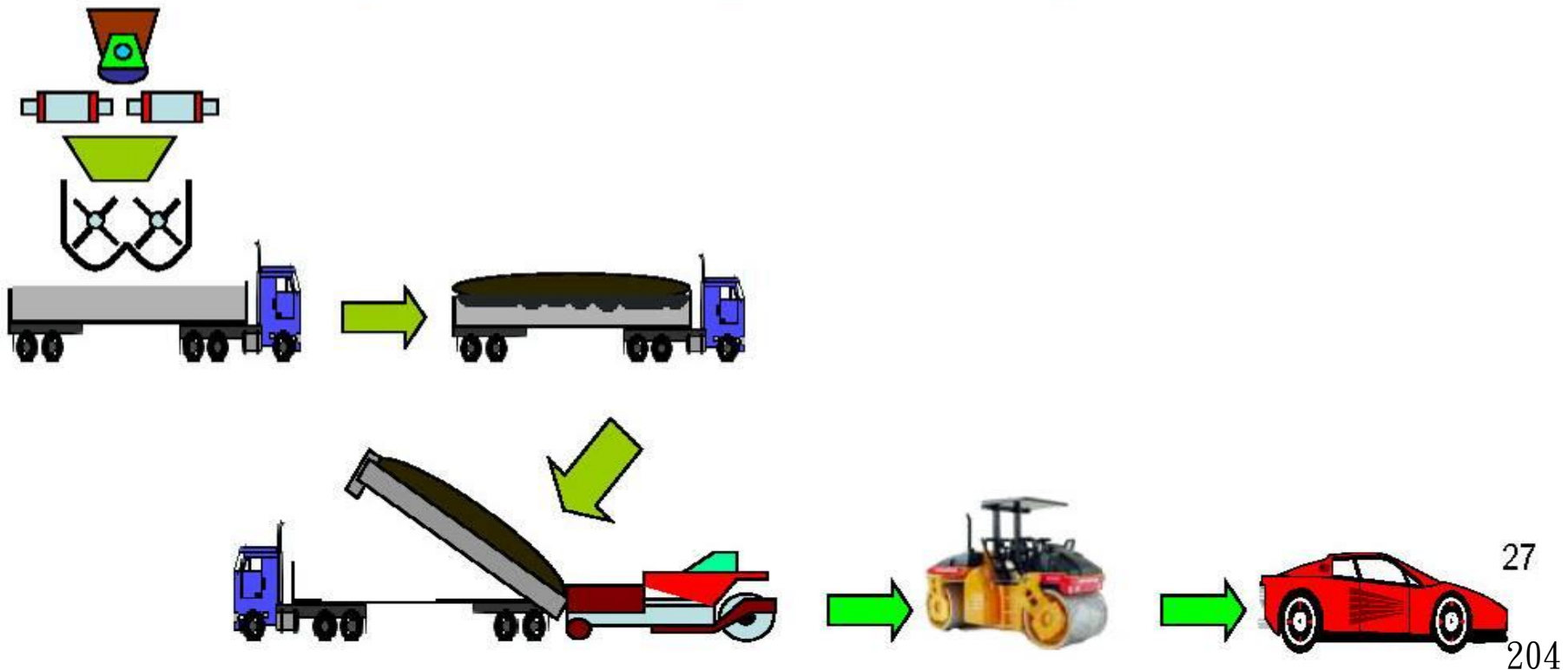
- 施工時間必須恰當，不宜過早或過晚，黏層乾固後始予鋪設瀝青混凝土，黏層並避免被塵土掩蓋而失去其黏性。
- 黏層撒佈後，應嚴禁車輛及人畜通行，並有適當養治時間。



瀝青混凝土鋪築

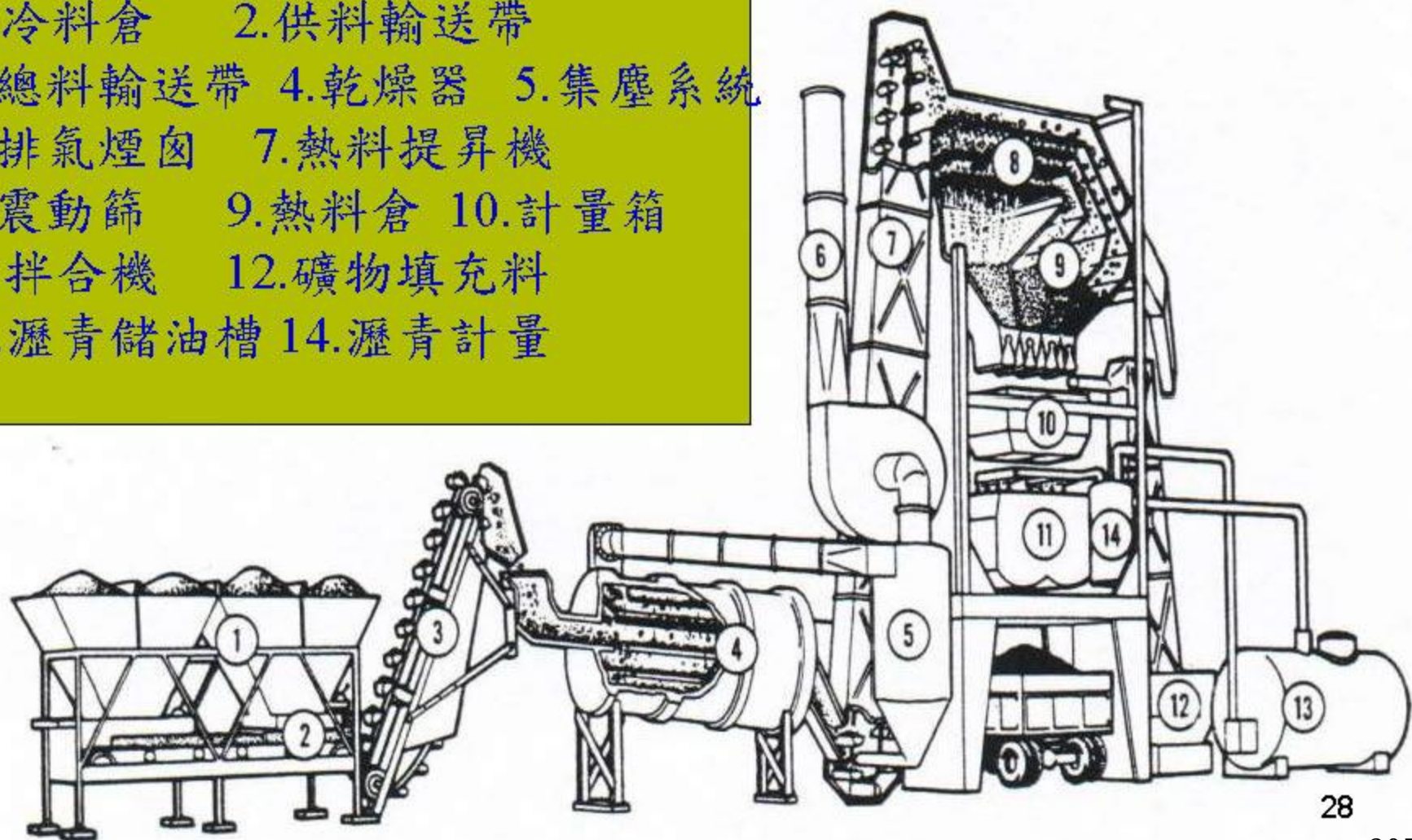
施工步驟：

工廠拌和 → 運輸 → 鋪裝機鋪設 → 初壓 → 複壓 → 終壓 → 開放交通



一般傳統瀝青混凝土之拌合廠形式

1. 冷料倉
2. 供料輸送帶
3. 總料輸送帶
4. 乾燥器
5. 集塵系統
6. 排氣煙囪
7. 熱料提昇機
8. 震動篩
9. 熱料倉
10. 計量箱
11. 拌合機
12. 礦物填充料
13. 瀝青儲油槽
14. 瀝青計量



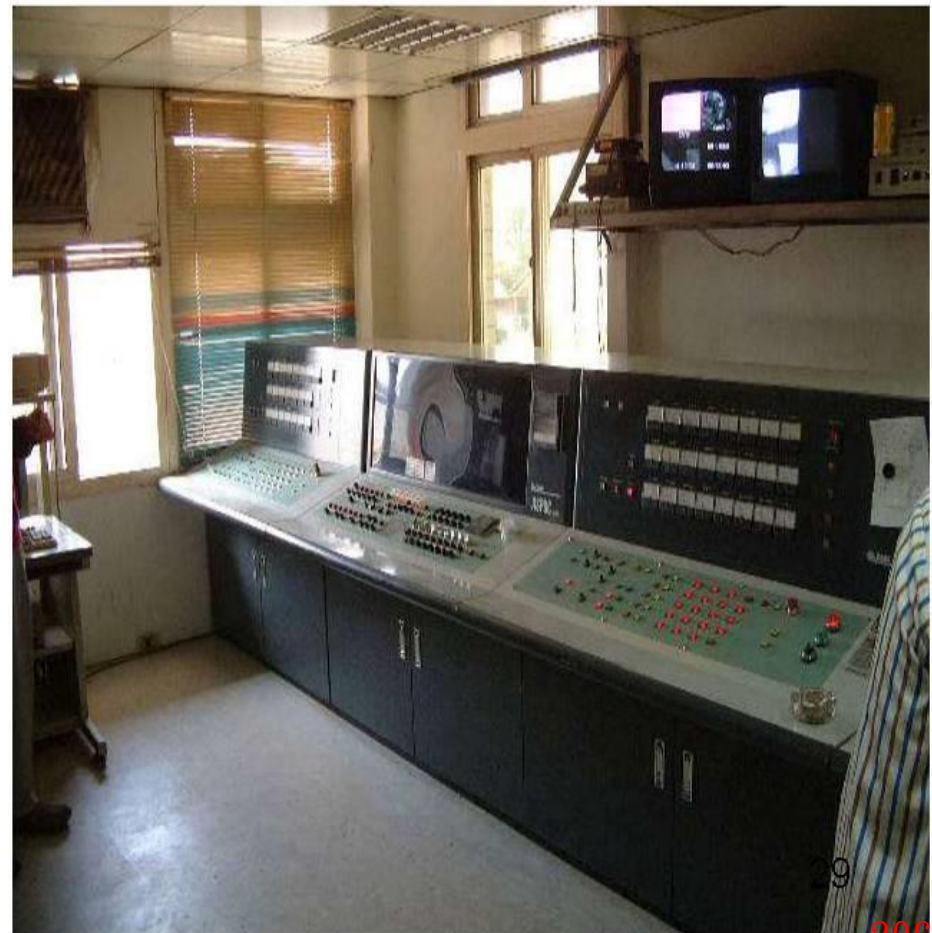
工廠拌和

拌和廠現代化之操作室

現代化的電腦操作室



Photograph 12.8 – A modern drum mix plant control room (Photograph reproduced by kind permission of Redland Aggregates Limited)



分盤式拌和廠

熱料提昇機及震動篩



篩網板(Screen Deck)



分拌式瀝青拌合廠



拌和廠粒料查核



粒料材質不佳



熱拌瀝青混凝土廠查核項目參考

項次	檢查項目	檢查標準	
一、拌合廠粒料儲存檢驗	1.1 新粒料儲存情況	1	粒料尺寸分類應分成三種(含)以上。
		2	冷料堆排水功能應良好。
		3	冷料堆置場應隔倉且粒料不相混，粒料尺寸應正確且均勻。
	1.2 挖(刨)除料儲存情況	1	破碎挖(刨)除料儲存區應有良好防護設施。
		2	料場排水功能應良好。
		3	挖(刨)除料應不含有雜質。
		4	挖(刨)除料來源應加以區分標示。
	1.3 計量設備	1	每盤之瀝青材料精確計量至規定用量之±2% 範圍內。
		2	最小刻度不超過一公斤。
		3	秤量之最大值不得大於材料重兩倍

熱拌瀝青混凝土廠查核項目參考

項次	檢查項目	檢查標準	
二、 拌 合機 具等 設備 及控 制設 施	2.1 瀝青儲存設備	1	應儲存於儲槽內，槽內應附有循環式間接加熱自動控制保溫設備。
		2	自動控溫量測設備。
	2.2 粒料計量設備	1	須為度量衡檢定所檢驗合格
		2	靈敏度應為所需最大荷重之0.5%
	2.3 地瀝青計量設備	1	須為度量衡檢定所檢驗合格
		2	量測淨重之準確度，不得超過所需最大荷重量之2%。
	2.4 提昇機及乾燥爐	2	應於乾燥爐出口槽裝置溫度感應計有效範圍90~200℃
	2.5 篩網及熱料倉	1	篩網應能篩分析所有粒料成指定尺寸，其正常容量應大於拌和機之全部容量。
		2	篩網完整性、振動效率應良好，定期檢查並記錄。
		3	熱料斗之分隔應良好。
		4	應有溫度計量測粒料溫度
	2.6 拌合及控制設備	1	應裝配計時器控制拌合時間、拌合鼓葉片情況應良好。
		2	乾溼拌時間應合於規範要求、拌合量應適當。
		3	拌合鼓下料之瀝青混合物溫度應恰當。

瀝青混凝土工廠拌和

- 各種粒料、填縫料及地瀝青，應依照配比以重量準確計量。
- 分盤式拌合廠（衡量式拌合廠），每盤乾拌時間不得少於**15秒**，濕拌時間不得少於**30秒**，或不超過**50秒**。
- 粒料進入拌合機之溫度為攝氏**135°C~163°C**，瀝青與粒料拌合時溫度，彼此間相差不得超過**10°C**。
- 瀝青混凝土，自拌合廠輸出時之溫度，不得低於**135°C**或高於**163°C**。
- 一切**過熱或溫度不足**之瀝青混凝土，或發生**泡沫**現象，**均應立即廢棄**，不得使用。
- 拌和廠紀錄應加保存，該紀錄資料包括日期、生產材料種類、貨車編號、空重、淨重及載重、貨車所裝載之盤數，當天載重過磅時間等。

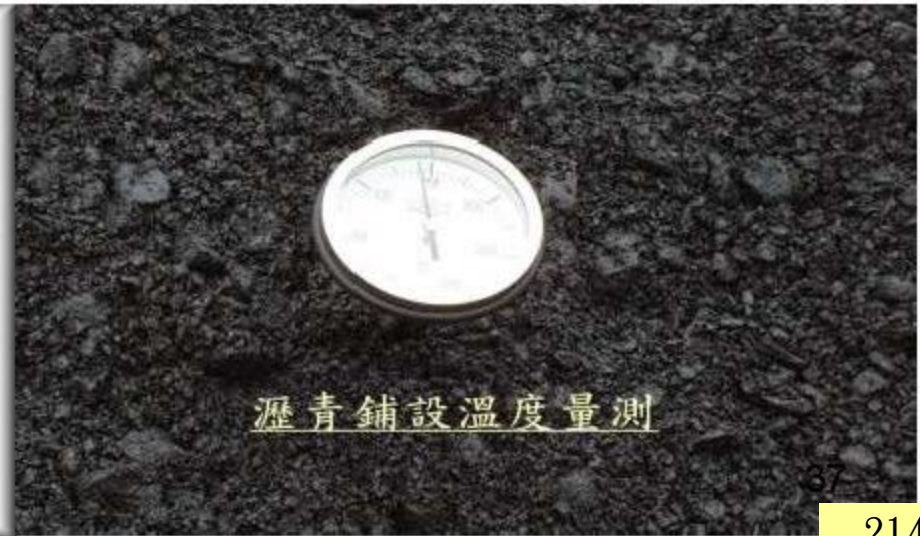
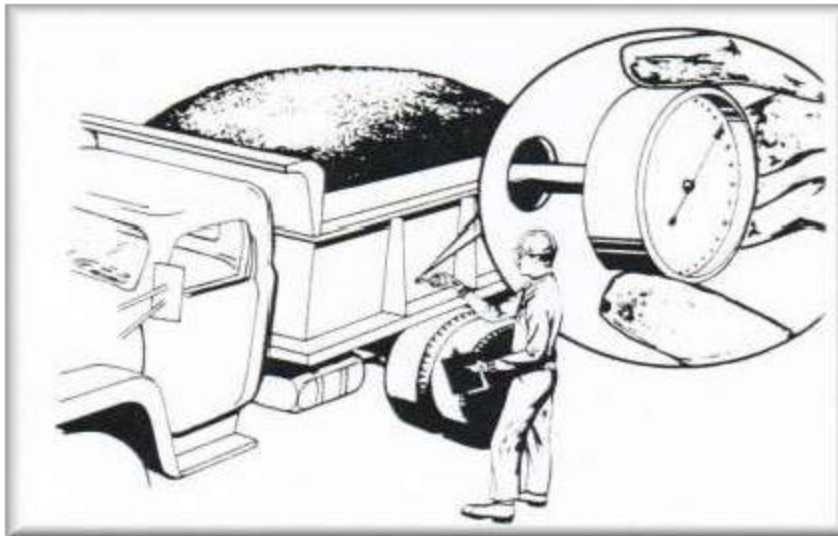
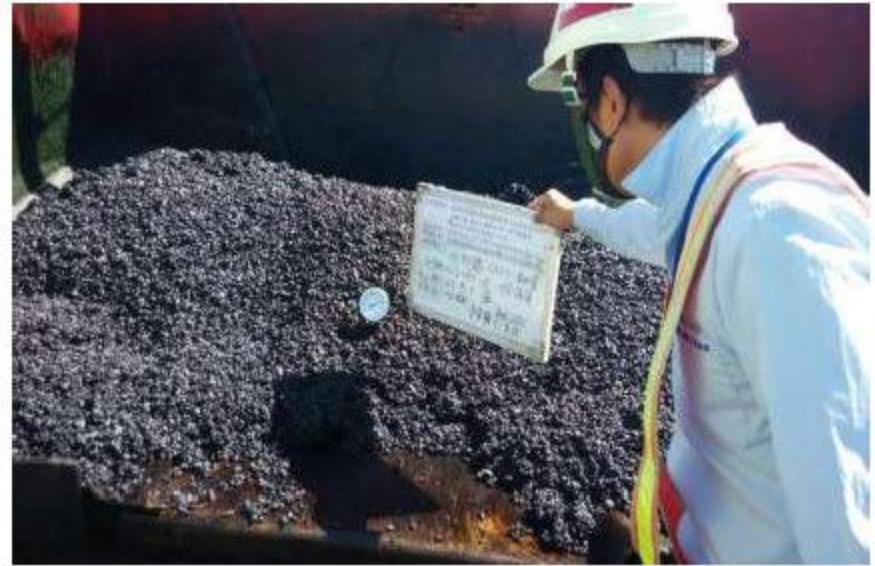
瀝青混凝土輸送

- 瀝青混凝土之運輸車輛，應使用**自動傾卸式貨車**。
- 總運輸量應能使瀝青鋪築機可連續操作而不致產生停滯為原則。
- **運送時須用帆布或其他適當之掩蔽物遮蓋保溫，以防混合料之溫度降低。**



瀝青混凝土輸送

- 到達工地時，應予量測瀝青混合料溫度，倒入鋪裝機鋪築時之溫度，需符合所用瀝青材料相關規定，通常不得低於 120°C



AC倒入鋪裝機時之
溫度：120°C以上



AC溫度過高-冒藍煙



瀝青混凝土鋪築

- 鋪築前，應先訂定鋪築寬度，測訂準線，其**邊緣應使用木條**，俾鋪裝機有所依據而鋪成平整之車道。



114線



114線

瀝青混凝土鋪築

- 應使用自走式瀝青混凝土鋪裝機，並備有自動平整度調整裝置 (SENSOR)。
- 應附有送料機及螺旋散布機，將瀝青混凝土均勻鋪築，不使瀝青混凝土發生析離現象，鋪築最小2.5cm之厚度，最大鋪築寬度不小於3.5m或一車道寬度之能力。



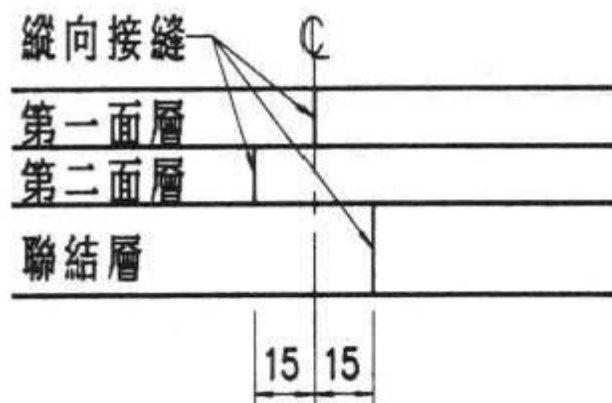
瀝青混凝土鋪築

- 鋪裝機之速度、振動及自動厚度調整裝置必須良好，可妥為控制，鋪築時無分離現象發生，完成後之表面均勻平整。
- 鋪築工作應儘可能連續，不宜時斷時續，在鋪裝機之後，應配合有足夠之鏟手、耙手等熟練工人，當瀝青混凝土鋪築出現瑕疵時，應在壓實前應作適當之修正。

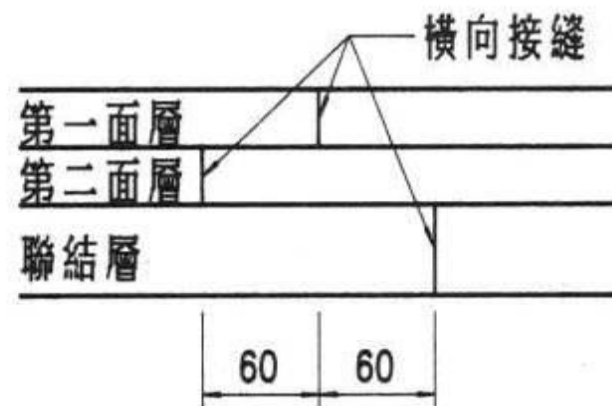


瀝青混凝土鋪築

- 瀝青混凝土分層鋪築時，縱向接縫至少應相距15 cm，橫向接縫至少應相距60 cm。面層為雙車道時，路面頂層之縱向接縫，應適在路面之中心，兩



縱向接縫施工示意圖



橫向接縫施工示意圖

瀝青混凝土滾壓

- 滾壓機具：瀝青混凝土鋪設後，應以自走式鐵輪壓路機或振動壓路機，及膠輪胎壓路機滾壓。通常一部瀝青鋪築機應配備二部鐵輪壓路機及一部橡膠輪胎壓路機，或配備一部振動壓路機。



瀝青混凝土初壓

初壓：又稱穩壓，為壓實的基礎，目的為整平及穩定混合料，故應注意其平整性。

- 用8~10t二軸三輪壓路機，驅動輪每cm輪寬之壓力為45~54kgf。
- 當其能承載壓路機而不致發生過度位移或毛細裂縫時，應即開始初壓，滾壓溫度通常在110°C以上，溫度愈高效率愈佳。
- 滾壓速度均勻緩慢，時速3~5km，初壓次數以來回兩次為度。



瀝青混凝土初壓

- 初壓後，廠商應立即檢查路拱及縱坡度，並以3 m直規檢測平整度，如有凹凸不平、粒料析離等現象應予立即改正。



瀝青混凝土複壓（次壓）

- 複壓：為壓實之主要階段，目的為使瀝青混合料穩定、成型、密實。
- 膠輪壓路機至少有7輪之雙軸式壓路機，其有效滾壓寬度至少150cm。各輪胎之壓力在冷時為4.9~5.25kgf/cm²（70~75psi），熱時不得少於6.3 kgf/cm²（90psi），各輪胎間並不得相差0.35kgf/cm²（5psi）以上。
 - 滾壓時瀝青混凝土之溫度通常約為82~100°C。
 - 膠輪壓路機之滾壓速度不得超過5km/hr，滾壓至少4遍，務使瀝青混凝土達到規定壓實度時為止。



瀝青混凝土終壓

終壓：消除輪跡，缺陷和讓面層有較好的平整度。

- 用6~8t二軸二輪壓路機，每cm輪寬之壓力不得少於27kgf。
- 終壓時瀝青混凝土之溫度不得低於65°C。
- 壓路機之滾壓速度不得超過5km/hr，直至路面平整及無輪痕時為止。
- 滾壓後溫度降至50°C以下使可開放交通。



使用振動壓路機時

- 無論為單鼓式或雙鼓式，其總重量均不得少於6t，且能調整其振幅及振動頻率者，俾材料、配合比及溫度等不同之瀝青混合料，均能按規定壓實至所需之密度。
- 振動壓路機之振動頻率通常以2,000~3,600rpm，振幅在0.25~1.00mm為宜。
- 厚度5cm以下之瀝青路面，不得使用振動壓路機滾壓。滾壓速度為每小時3~5km。
- 初壓時，不得開震動頻率。



瀝青混凝土滾壓順序及注意事項：

瀝青混凝土鋪築後，應以適當之壓路機徹底滾壓，直至均勻並達到所需之壓實度時為止。滾壓分為下列6個步驟：

- A.橫向接縫
- B.縱向接縫
- C.車道外側邊緣
- D.初壓
- E.次壓（複壓）
- F.終壓



瀝青混凝土滾壓順序及注意事項：

(1) 接縫：

- 所有接縫於施工時，並充分壓實，使其有平直整齊之接縫表面。
- 除彎道外，所有縱向接縫應成平直之直線，橫向接縫路中心線成垂直，壓實後，能與鄰接路面齊平。



橫向接縫處理



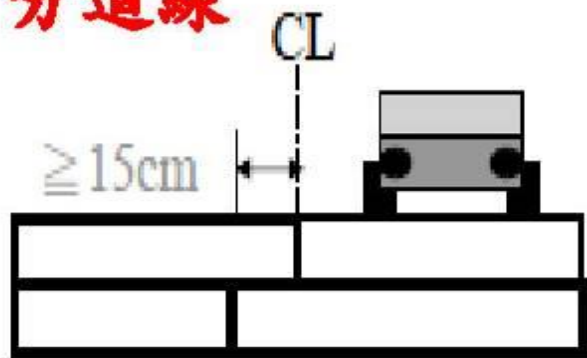
完成後之橫縱向接縫



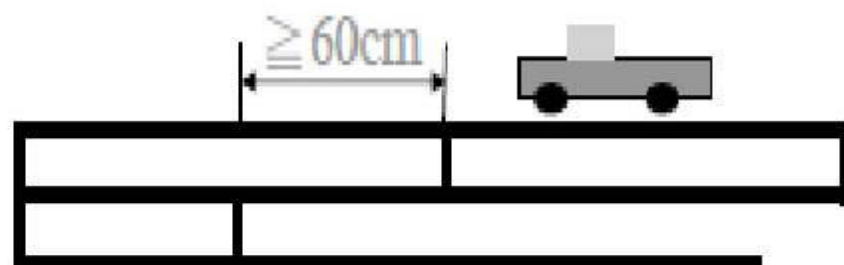
瀝青混凝土之鋪設

分層鋪築時，其各層接縫不得在同一垂直面上：

- 縱向接縫應相距15cm以上
- 橫向接縫應相距60cm以上
- 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，宜儘量接近分道線



縱向接縫



橫向接縫

瀝青混凝土滾壓順序及注意事項：

(2) 邊緣

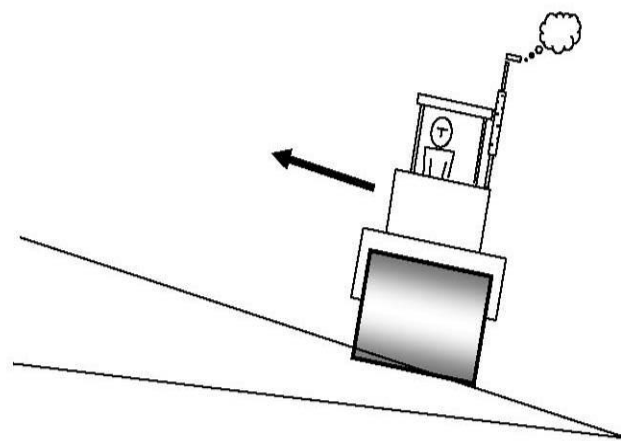
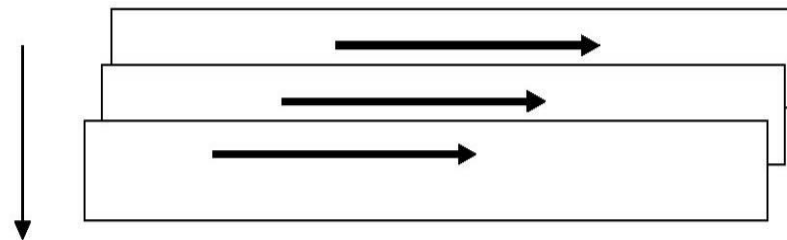
- 路面邊緣，如不用木料支撐時，應稍予鋪高。滾壓時，壓路機之後輪應伸出邊緣5~10cm。
- 瀝青混凝土路面與緣石或邊溝接壤時，其鋪築及滾壓工作應特別小心，以免損及緣石及邊溝。



瀝青混凝土滾壓順序及注意事項：

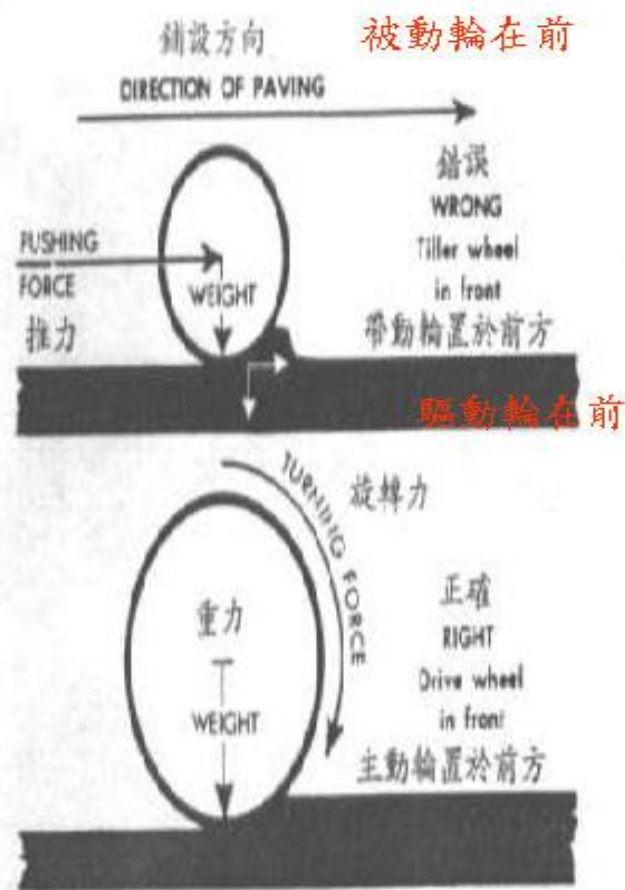
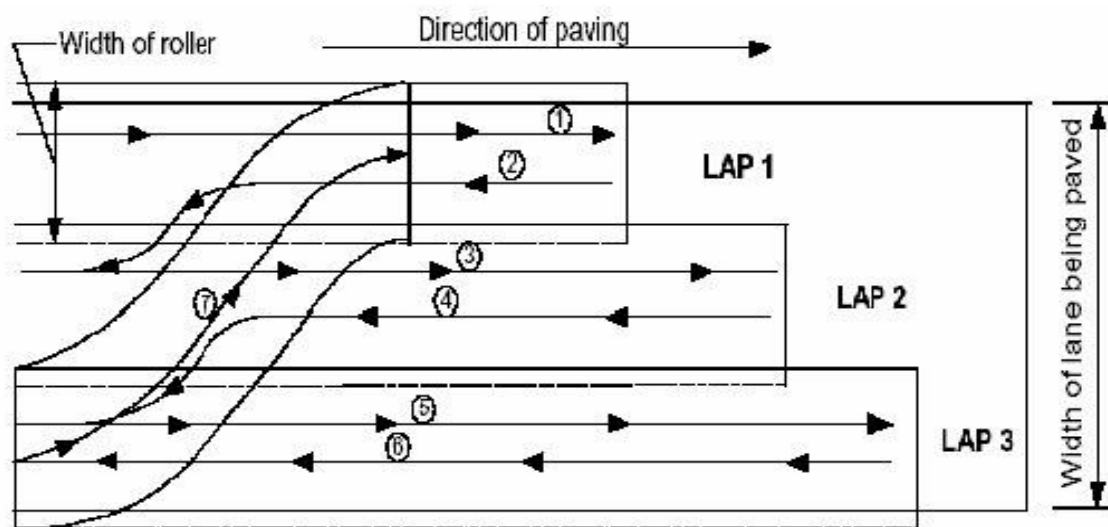
(3) 滾壓應自車道外側邊緣開始，再逐漸移向路中心，每次重疊後輪之半。

(4) 在曲線超高處，滾壓應自低側開始，逐漸移向高側。



瀝青混凝土滾壓順序及注意事項：

(5) 滾壓時，壓路機之驅動輪（主動輪）須朝向鋪裝機，並與鋪裝機同方向進行，然後順原路退回至堅固之路面處，始可移動滾壓位置。每次滾壓之長度應略有參差。



瀝青混凝土滾壓順序及注意事項：

- (6) 壓路機滾輪應用水以噴霧方式保持潤濕，以免瀝青混凝土粘附於輪上，但不得有過多之水分流滴於瀝青混合料內。



瀝青混凝土滾壓順序及注意事項：

- (7) 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，以免瀝青混凝土發生位移。
- (8) 壓路機不能到達之處，應以夯實機充分夯實。
- (9) 壓路機與重型機械，在新鋪路面未固結前，不得停止其上。



陡坡滾壓

- 在陡坡滾壓時，壓路機大部分的作用力將向下坡方向，會增加混合料下移的趨勢，滾壓時應注意，最好以輕型壓路機預壓。
- 無論是上坡還是下坡，壓路機被動輪應朝著鋪裝機，即被動輪在前，驅動輪（主動輪）在後，與一般路段滾壓相反。主要為以備動輪起預壓作用，使瀝青混合料能夠承受驅動輪產生的剪切力。

良好的**滾壓**得
到良好的**成效**



瀝青混凝土品質管理

瀝青混凝土品質檢驗：

- 瀝青含量試驗
- 粒料級配試驗
- 厚度試驗
- 壓實度試驗
- 平整度試驗
- 回收瀝青黏度試驗

瀝青混凝土品質檢驗及取樣

1. 粒料級配和瀝青含量檢驗：

- 取樣頻率：同一拌合場同一天供應本工程之同一種AC定為一批，每批抽驗二次。
- 取樣：鋪於路面滾壓前，依AASHTO T168（瀝青路面混合料取樣法）取樣，自取樣地點以隨機方法獲取至少三大約等增量樣品，混合後成為工地樣品，取樣數量如下表。

標稱最大粒徑 mm (in.)	工地未壓實樣 品最少重kg	工地已壓實樣 品最少面積m ²	試驗樣品 最少重kg
12.5 (1/2)	5.4	0.041	1.5
19.0 (3/4)	7.3	0.065	2.0
25.0 (1)	9.1	0.093	3.0

瀝青混凝土品質檢驗及取樣



未壓實瀝青混合料現場取樣



壓實瀝青路面現場取樣



瀝青含量：AASHTO T164



1. 四分法取試驗試樣



2. 置於試驗鉢並秤重



3. 將鉢置於離心機內



4. 扣緊離心機內注入甲苯



5. 高速離心洗出瀝青



6. 洗出瀝青後之粒料

級配分析：AASHTO T30



1. No. 200 篩細料經水洗



2. 經水洗後粒料



3. 粒料置於電動搖篩機篩析



篩分析透視圖

壓實度檢驗

- 完成瀝青混凝土各層每約**5000m²**為一批（總量少於5000m²，或零數少於5000m²可單獨作為一批，或併入相臨路面合為一批），每批應作壓實度檢驗5點。
- 壓實之標準值以工地同批材料取樣求得理論最大密度為準，或以工地同批材料取樣作**馬歇爾試體**（兩面各夯打75下）之密度為準。採用何種檢驗方法由工程司決定，但宜優先採用理論最大密度法。



厚度檢驗

· 完成之瀝青混凝土各層每約**5000**m²為一批（總量少於**5000**m²，或零數少於5000m²可單獨作為一批，或併入相臨路面合為一批），每批應作厚度檢驗**5**點（可利用壓實度檢驗之同一樣品）



平整度檢驗

• 瀝青混凝土路面分層鋪設時，於最後次一層及最後一層鋪設完成後均應做平坦度檢驗。以每**200m**為一檢驗單位，用3m直規或高低平坦儀，就平行於路線方向檢驗其平整度，**平整度標準差均不得大於2.8 mm(快速公路不得大於2.4mm)**。



再生瀝青混凝土

- 近年來再生瀝青混凝土數量已不斷增加，尤其養路工程，使用再生瀝青混凝土已成常態。
- 再生瀝青混凝土：係適用於**廠拌式熱拌再生瀝青混凝土**（Central Plant Recycling Hot Mix Asphalt Concrete），係以配比設計所定比例之新粒料、再生粒料、礦物質填縫料、地瀝青與瀝青再生劑（依工程個案需要決定是否添加瀝青再生劑）等，經加熱拌和均勻而成。
- 依據02966章再生瀝青混凝土施工說明書

再生瀝青混凝土

- **再生粒料 (RAP)**：係以既有路面之瀝青混凝土材料經挖 (刨) 除運回拌和廠打碎後可再用者 (針入度 ≥ 15 ，瀝青含量：用於底層 $\geq 3.0\%$ ，用於面層 $\geq 3.8\%$)。
- **打碎分堆儲放**：運回拌和廠堆置場之再生粒料應打碎分成 19-12.5mm (3/4in-1/2in)、12.5-4.75mm (1/2in-No.4) 及 4.75mm (No.4) 以下等三種，或 19-12.5mm (3/4in-1/2in) 及 12.5mm (1/2in) 以下等二種級配分堆儲放。
- **再生粒料使用量不得超過 40%** (對再生瀝青混凝土重量比)。

再生瀝青混凝土相關試驗

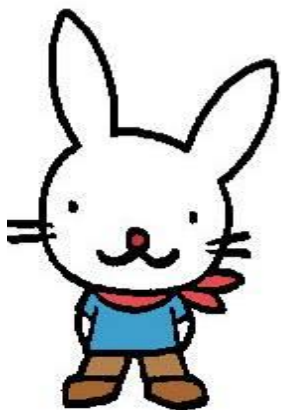
施工前刨除料

- 瀝青含油量(%): 3.0以上
- 回收瀝青針入度試驗(25°C、5sec、100g):
15以上
- 再生瀝青混凝土配比設計之瀝青目標絕對黏度，測定溫度60°C，應在2000poises。



針入度試驗及黏度試驗

- 刨除料及再生瀝青混凝土之回收瀝青針入度試驗及黏度試驗，需先分離粒料、瀝青，萃取出瀝青。



再生瀝青混凝土相關試驗

- 回收瀝青黏度試驗之檢驗頻率為每個工程至少作一次，但工程總量以15,000m²時檢驗一次，餘數未超過7,500m²時得併入前一次檢驗，餘數超過7,500m²時應辦一次檢驗。
- 回收瀝青60°C黏度試驗：其偏差值不得超過6,500poises±35%，
- 當偏差在±35%~±70%時，應減價收受，每超過1%該批減價1%。
- 若超過±70%時，應刨除重鋪。

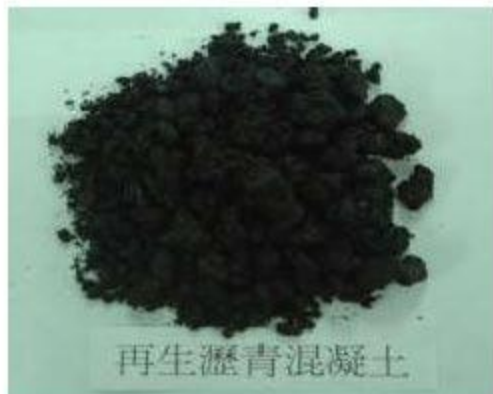


利用溶劑溶解分離出刨除料(或再生瀝青混凝土)之瀝青與粒料

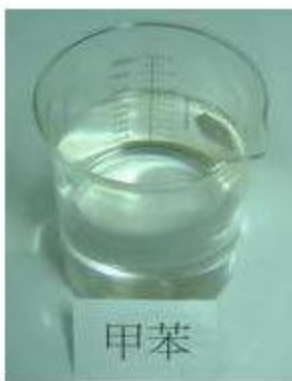


刨除料

刨除料或再
生AC



再生瀝青混凝土



甲苯









粒料



瀝青、甲苯與灰份溶液

再生料或再生瀝青混合料之粒料、瀝青萃取

		
<p>a. 樣品置於烘箱烘乾，以四分法取得代表性樣品</p>	<p>b. 取得試樣置入試驗杯中</p>	<p>c. 將試驗杯置入離心機中分離出瀝青溶液</p>
		
<p>d. 將分離之瀝青溶液倒入離心瓶並置於離心機內</p>	<p>e. 設定轉速及時間開始分離</p>	<p>f. 分離後灰份沉澱離心瓶底</p>

再生料或再生瀝青混合料之粒料、瀝青萃取



a. 瀝青甲苯溶液倒入蒸餾瓶



b. 設定溫度轉速壓力



c. 真空濃縮機萃取瀝青



d. 萃取後瀝青與甲苯



e. 回收瀝青



f. 瀝青甲苯溶液分離出瀝青與甲苯

瀝青針入度試驗

- 為測定瀝青膠泥的軟硬程度，利用已知載重(100g)、時間(5sec)及溫度(25°C)下，以穿透針垂直穿入瀝青之深度，以0.1mm為單位，量測其貫入深度是為瀝青「**針入度**」。
- 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料質較硬，大則表示較軟。**瀝青膠泥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。

瀝青混凝土品質檢驗

檢驗不合格情形，應依契約規定辦理，如下處理方式

- 對試驗結果有懷疑時得要求複驗，複驗以一次為限，就初驗代表範圍重新隨機取二倍樣本進行複驗，檢驗所需費用由要求複驗單位負擔。
- **減價收受**：如品質偏差超出許可在一定範圍內且無礙安全使用
- **另外加封補足**：如厚度不足時
- **刨除重鋪**：如品質偏差超出許可差一定範圍外

施工查核缺失

完成後路面洩水
坡度未調整，
造成積水



台31線

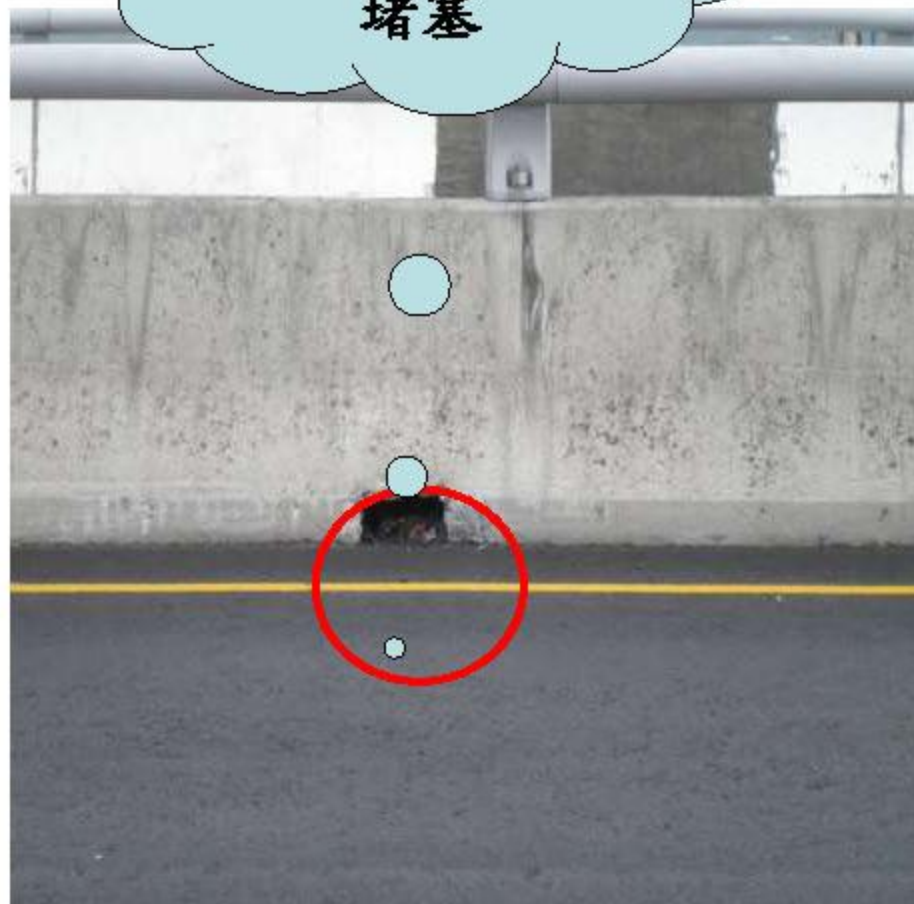
完成後路面較洩
水孔高度低，無
法排水



台2線

施工查核缺失

洩水孔遭瀝青
混凝土殘餘料
堵塞



台61線

完成後路面
有粒料不均勻
之情形



台2線

施工查核缺失

試體鑽心時未
加阻隔，造成
泥水漫流路面



台9甲

路面反光標記
裝設後路面未
清洗



台9甲線

施工查核缺失

標線劃設不佳



台1甲線

標線未完整劃設



台1甲線

施工查核缺失

瀝青混凝土內
含有雜物

瀝青混凝土
內含有雜物



台9甲線

台9甲線

施工查核缺失

完工後未將防護
措施清除



台2丙線

護欄鋼管柱
遭黏油污染



台2丙線



AC冒油



08/23/2013 12:32

遠端監控專廠專用

AC廠攝影機裝設

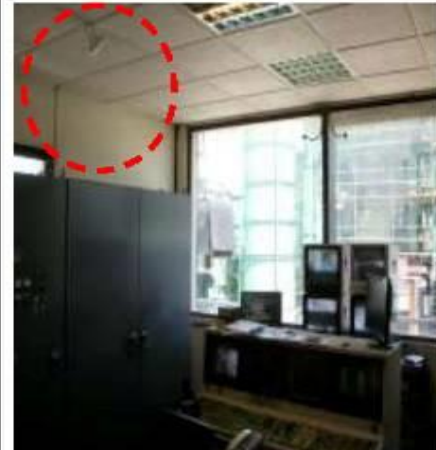
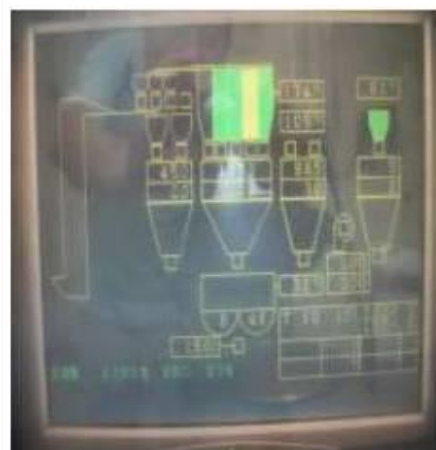
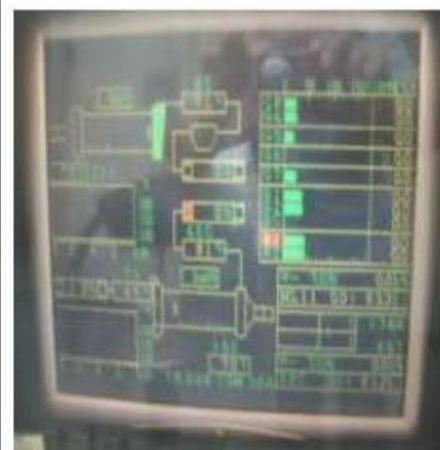


Cam1 再生料輸送帶

Cam2 出料口

Cam3 級配料斗

Cam4 運輸車之車牌



Cam5 運輸車之車斗號碼

Cam6 控制盤 1(螢幕直接送出)

Cam7 控制盤 2(螢幕直接送出)

Cam8 控制室

祝大家 平安喜樂