

行政院及所屬各機關出國報告
〈出國類別:考察〉

赴西班牙、德國、瑞典考察報告書

出國人：內政部營建署重機械工程隊 隊長 王智銘
出國地區：西班牙、德國、瑞典
出國期間：民國 90 年 11 月 12 日至 11 月 21 日
報告日期：民國 91 年 2 月

行政院及所屬各機關出國報告提要

系統識別號：C09100076

出國報告名稱：赴西班牙、德國、瑞典考察報告書

頁數：49 頁

出國計畫主辦機關：內政部營建署重機械工程隊

聯絡人：黃惠萍 電話：〈02〉2771-4144

出國人員姓名：內政部營建署重機械工程隊隊長王智銘 電話：〈02〉2731-1220

出國類別：考察

出國期間：民國 90 年 11 月 12 日至 11 月 21 日

出國地區：西班牙、德國、瑞典

報告日期：民國 91 年 2 月

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：

本隊負責道路、橋樑工程施工重任，擁有龐大的築路机具及優秀之施工技術人員，辦理的道路工程大多為自辦施工，且奉上級交辦經營土資場業務，為要提昇工程品質，有效掌握工期，確保作業安全及本隊的生存與發展，必須提昇作業效率，故需購置新型的築路机具及土資場机具以提昇施工品質及效率。急需考察先進國家施工機械、技術及土資場政策，俾利本隊業務推展及參考。由於歐洲施工機械以德國最為先進，故此次出國考察以德國為主，再選擇南歐之西班牙及北歐之瑞典，俾能較客觀的比較歐洲體系整體土資政策、施工機械及技術。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網〈<http://report.gsn.gov.tw>〉

目 錄

壹、 考察緣起	1
貳、 考察範圍	1
參、 考察行程	1
肆、 考察內容	
一、 施工機具	
(一) 刨路機	3
(二) 可變滾筒系統	4
(三) 細刨除施工法	4
(四) 穩定土拌合機 (瀝青再生機)	6
(五) 震動壓路機	7
(六) 雙鐵輪震動壓路機	9
(七) 小型震動壓實機	11
(八) WIRTGEN1900 瀝青路面鋪築機	11
二、 A C 再生、土壤穩定與其技術工法	
(一) 土壤穩定	15
(二) 穩定劑概述	
1. 水泥系穩定劑	17
2. 瀝青系穩定劑	20

3. 以泡沫瀝青作為穩定劑	21
(三) 土壤穩定之應用	24
(四) 就地冷再生	27
1. 就地冷再生技術介紹	27
2. 就地冷再生的優點	28
3. 土壤穩定於林口應用實例	29
三、歐洲土資政策	
(一) 西歐各國現況之土資政策	30
(二) 營建廢棄物的來源及處理分析	32
伍、考察心得.....	36
陸、建議事項.....	38
柒、考察實錄.....	40

壹、考察緣起

本隊負責道路、橋樑工程施工重任，擁有龐大的築路機具及優秀之施工技術人員，辦理的道路工程大多為自辦施工，且奉上级交辦經營土資場業務，為要提昇工程品質，有效掌握工期，確保作業安全及本隊的生存與發展，必須提昇作業效率，故需購置新型的築路機具及土資場機具以提昇施工品質及效率。急需考察先進國家施工機械、技術及土資場政策，俾利本隊業務推展及參考。由於歐洲施工機械以德國最為先進，故此次出國考察以德國為主，再選擇南歐之西班牙及北歐之瑞典，俾能較客觀的比較歐洲体系整体土資政策、施工機械及技術。

貳、考察範圍

一、施工機具

二、A C 再生、土壤穩定與其相關之技術工法

三、公共工程剩餘土石方資源回收政策及處理模式

參、考察行程

一、十一月十二日參觀馬德里東方土資場及土石方破碎分類處理機具。

二、十一月十四日參觀巴塞隆納南方土資場及土石方破碎分

類處理機具及資料收集。

三、 十一月十六日參觀柏林南方土資場及處理機具。

四、 十一月十九日參觀德國維特根(Wirtgen)位於 Windhagen
工廠之各項新穎施工機具及資料收集。

五、 十一月二十一日參觀瑞典 Stockholm 簡易土資場及道路
工程施工。

肆、考察內容

依據考察行程及收集資料將出國心得依施工機具，地盤改良，AC再生利用及歐洲土資政策分別予以介紹如下：

一、施工機具

(一) 刨路機 (Cold milling machine)

現今路面修護多採用路面刨除，刨路機已成為路面翻修不可或缺之設備，刨路機係利用其本身重量為主要壓力來源，配合刨齒滾動來刨除舊有路面，本次參訪之廠商係在此類機械生產上頗負盛名，其所生產之刨路機尺寸齊全，有別於國內刨路機僅用於單純的路面翻修工作，其刨路機附件趨向多元化，茲就 W200 型機具功能、性能、略述如下：

1、 W2000：該型為大型刨路機，屬機械驅動式，配有可迴轉及可收式輸送帶，便於現場作業及拖運，其主體由底盤履帶移動行走，該機具配有四組油壓缸可伸降高度履帶，可彈性配合現場地形作業，刨除工作係由位於底盤中央位置之迴轉滾筒表面刨齒來完成，刨齒更換便利，由於工作能力強大，除用於高速公路之翻修工作外，亦可搭配不同尺寸之滾筒及配件彈性運用。

- (1) 刨除寬度：2,000mm。
- (2) 刨除深度：0~320mm。
- (3) 刨齒距：15mm。
- (4) 刨齒數：162支。
- (5) 滾筒直徑(含刨齒)：980mm。
- (6) 滾筒可調角度：50°。
- (7) 引擎型式：Caterpillar 3406 E ATAAC 六缸水冷式柴油引擎。
- (8) 引擎馬力：565hp。
- (9) 行走速度：0~5km/hr。

其它尚有 W1500 (中型)，W1000 (小型)，其性能與 W2000 型

相同，僅作業能量較小。

(二) 可變滾筒系統 (FCS-Flexible-Cutter-System)

在施工中機械調度頗廢時間，故多功能的機械設計是必要的，刨路機在使用時，因應不同的刨除寬度必須更換滾筒，為克服此種情況，目前業者發展出可變滾筒系統

(FCS-Flexible-Cutter-System)，搭配適當的刨齒固定系統 HT3，便於調整刨除寬度，運用及組合不同厚度滾筒可達到不同寬度，經由此種方式所有的滾筒刨深皆可達到 30cm 以上，一般路面管溝施工須使用鋸割機搭配挖土機作業，除尺寸不易控制外更頗費時間，而使用 FCS 則可克服上述情況，搭配適當尺寸之滾筒可簡易完成管溝所需求之尺寸。此外該系統提供單一機種多樣選擇性，使得單一刨路機的使用更富彈性。

(三) 細刨除施工法 (Fine milling):

現今路面修護多採用路面刨除，然而在刨除的過程中除產生大量的廢料外，多餘的廢料運輸及處理除增加養護成本，更易造成道路在鋪築新料前，行駛車輛危險性及車速降低，現今在歐洲多採用細刨除施工法 (Fine milling)。

細刨除施工法 (Fine milling) 其有別於傳統粗刨除法，將刨刀距由 15mm 縮為 8mm，其刨除深度亦有別於傳統之大深度，依現場需求可由幾公釐至幾公分，故可獲至較平整之表面，因此在刨除完成後路面可立即開放通車，而在施工過程中只須更換刨刀滾筒。

細刨除施工法 (Fine milling) 可適用於下述道路性能改善：

1、抗滑性：

防滑性能為路面的粗糙程度，是行車安全的指標，當路面含油量過高空隙率低，交通負荷多的情況，或夏季路面高時極易冒油，或路面表層磨耗時，將使路表抗滑性降低，而良好的道路須具有良好的抗滑性，一般平滑路面若為提昇防滑能力須進行刨除工作，再將大量刨除廢料運走並處理，並重新鋪上磨擦層再行滾壓，其所費可謂不貲，而細刨除只須移除少量路面便能輕易增加路面的摩擦力，省卻大量傳統路面改善所需成本，達到促進輪胎抓地能力，增加車輛行駛安全性的目的。

2、車轍、平坦度：

在交通流量大及重車行駛路面，易產生車轍等路面不平整現象，對交通安全有負面影響，車轍等路面不平整現象易使路面產生積水現象，易使高速行駛車輛產生打滑及煞車停止距離加長，並產生大量噪音。欲改善車轍等路面不平整現象須進行刨除工作，再將大量刨除廢料運走並處理，並重新鋪上新料再行滾壓，花費可謂不貲，目前現場工程司改用細刨除來恢復道路的平整性，而細刨除只須移除少量路面便能輕易達成工地現場要求，省卻大量傳統路面改善所需成本，因刨除產生廢料數量不多，故在刨路機後配置真空清掃設備清理路面，便於馬上重新開放路面進行通車。

總之 Fine milling 具有下述特點：

- (1) 因不須再補料，故不受天候影響。
- (2) 提昇損壞路面的安全性。
- (3) 可運用在道路標線號誌刮除。
- (4) 適用於各種級數之刨路機。
- (5) 使單一刨路機具多項功能。

- (6) 節省購置多種設備成本。
- (7) 能精確且快速達成管溝尺寸。
- (8) 便利換裝各種功能刨齒滾筒。
- (9) 減少廢料產量，降低廢料處理成本。

(四) 穩定土拌合機 (瀝青再生機) Recycler

- 1、近年來政府養護經費緊縮，環保意識高漲，勢必走向更有效率且又對環保衝擊少的工法，泡沫瀝青冷拌再生處理是其中一項選擇。
- 2、國內許多路面的設計與施工，因趕不上交通量的成長而顯得結構強度不足，目前普遍採行的刨除加鋪只是短暫解決問題，泡沫瀝青深層冷拌再生具有將基底層加強的作用，可徹底解決問題。
- 3、國內道路挖掘頻繁，造成鋪面底層變弱，可以使用泡沫瀝青冷拌再生處理將底層均質化並提昇結構強度。
- 4、國內熱拌瀝青廠太過普遍，路面工程界不常採用冷拌穩處理工法，對材料及施工程序都陌生，必須花費較大推動能量。
- 5、國內路面養護或修護方法相當單調，加上尚未建立完整的評估機制，新工法新材料的採用不容易推行。
- 6、穩定土拌合機 (瀝青再生機) Recycler 係，其施工原理係在高溫的瀝青中加入微量的水，起因於水的急速汽化而使瀝青的表面積大量增加，體積大量膨脹而使黏度變得相當低，這種狀態的瀝青可以很方便地與常溫濕粒料拌合均勻，粒料不必像熱拌般需加熱至高溫而耗費許多能源，瀝青不必像乳化瀝青

般經過額外的加工乳化，使用相當方便且效益高。

7、穩定土拌合機：針對上述施工法發展出來的設備該種設備性能在國外已經得到業界証實，為多功能的輪式機械，可用於最大深度 50cm 的穩定土拌合及現在鋪層的就地冷再生，不論有無面層，作業中該機可以添加水泥、乳化瀝青和水，作為特殊優點，該機械還能添加泡沫瀝青。其性能如下：

- (1) 操作重量：21,400kg。
- (2) 前輪重量：15,300kg。
- (3) 後輪重量：6,100kg。
- (4) 總長：9,380mm。
- (5) 機身寬：2,940mm。
- (6) 機身高：3,270mm。
- (7) 迴轉半徑：6,730mm。
- (8) 引擎型式：Deutz BF8M1015C 水冷八缸柴油引擎。
- (9) 引擎馬力：503hp。
- (10) 刨刀筒直徑：1500mm。
- (11) 刨刀齒數量：124 支。
- (12) 工作深度：520mm。

配件：

- (1) 用於穩定土拌和或再生轉子。
- (2) 特別加長的螺絲固定的鏟斗架。
- (3) 快速刀具更換系統。
- (4) 耐磨轉子及拌和室附液壓調節拌和室門。
- (5) 電子控制及數字顯示水、乳化液噴灑系統。

(五) 震動壓路機：

1、隨著各式震動壓路機之普遍使用於土壤壓實工作，如道路、機場、水壩、港口及土方回填、基礎壓實等工程，震動式壓路機亦不斷的改良設計及配合各

權威及專門機構之研究實驗，現已研發出適合瀝青壓實的雙鐵輪之雙震幅震動壓路機，並經世界各國公路單位証實其在瀝青鋪設路面之壓實效率及經濟效益。

2、由於可增加道路施工品質並降低施工成本，歐美各國之道路施工法中，雙鐵輪震動壓路機已快速且完全取代傳統之三輪及二輪無震動壓路機，在日本震動壓路機在瀝青壓實工作使用率已達 90% 以上。

3、瀝青滾壓之重要性：道路工程中，瀝青路面施工之品質要求有下列數點：

- (1) 結構強度。
- (2) 耐磨耗度。
- (3) 滲水性。
- (4) 耐久性。
- (5) 平整度。
- (6) 柔性度。

4、而上列有關施工品質之重要影響因素，全都取決於瀝青滾壓方式有關，如滾壓機具、滾壓方法與滾壓密度有關極大關連，近年來世界各國均嚴格要求將瀝青鋪設之壓密度由 95% 提昇為 98%，以增長道路使用壽命。

5、本隊為提昇施工品質，特於 2001 年引進四部自走式震動壓路機，本次亦有至原產地參訪，其主要性能如下：

- (1) 機型：(HAMM 2420D)。
- (2) 本機操作重量：11,300kg。
- (3) 滾輪前重：6,250kg。
- (4) 膠輪後重：5,050kg

- (5) 滾壓寬度：2,140mm
 - (6) 滾輪直徑：1,500mm
 - (7) 迴轉半徑：6,340mm
 - (8) 引擎型式：Deutz BF6M 1012E 六缸柴油引擎
 - (9) 引擎馬力：134hp
 - (10) 驅動方式：全油壓無段變速式
 - (11) 行走速度：13.6km/hr
 - (12) 爬坡度：震動/不震動% 35/40
 - (13) 轉向系統：全油壓轉向系統，關節式轉向±30度、擺動傾角±10度。
 - (14) 煞車系統：油壓式。
- a. 壓實度控制系統 (Compaction controller system)
- (1) 傳感器 (transducer)
 - (2) 微處理器 (micro-processor)
 - (3) 頻率表 (frequency meter)
 - (4) 速度表 (speed meter)

為提昇本隊施工品質除引進上述四部震動壓路機外，並於每部配置壓實度控制系統，該系統係利用作用力及反作用力的原理，將震動壓實力作用於路面的反作用力，經由傳感器 (transducer) 訊號回饋傳至微處理器 (micro-processor)，微處理器再將訊號轉換成讀數，顯示於頻率表 (frequency meter)。

(六) 雙鐵輪震動壓路機：

本隊採購 7.5 噸級雙鐵輪震動壓路機二批，分別為 HAMM HD85 型及 BITELLI HTV75 型各三台均為全油壓設計。本次參訪 HAMM 之廠家生產之雙鐵輪震動壓路機，性能優及操作簡單容易，其係採兩段式振幅設計：(滾壓速度 4-6 公里/小時)高振幅 0.8mm 頻率 1500-2000vpm 前後輪工作壓力各為 11 噸適宜碎石級配滾壓，且可滾壓至 30 公分厚，工作量 200-300 m²

/小時。依業者建議作業方式如下：

(1) 碎石級配 15 公分厚，來回滾壓六次，愈厚則滾壓次數遽增。

(2) 鋪設 10 公分以上 AC 者，也常用該振幅滾壓。低振幅 0.4mm 頻率 2500-3000vpm 前後輪工作壓力各為 8 噸適宜滾壓 AC 鋪設 10 公分厚以內，工作量：5-15 cm 厚層可滾壓 120 噸/小時。

註：(1) 試壓：3 公分厚 AC 滾壓 4 次

5 公分厚 AC 滾壓 6 次

7.5 公分厚 AC 滾壓 8 次

10 公分厚 AC 滾壓 10-12 次

(3) AC 鋪築車道之溫度控制--在滾壓前務必用溫度表測量。

(4) 測驗鋪設溫度在 130°C-110°C 內以雙鐵輪震動壓路機，用高頻(2500-3000VPM)低振幅(0.4mm)，行進速度 4-5 公里/小時滾壓。例：3 公分厚 AC 滾壓 4 次，5 公分厚 AC 滾壓 6 次，初壓即告完成。

(5) 測驗鋪設溫度在 110°C-85°C 內以膠輪壓路機滾壓 6 次(以便壓穩面層粒料及柏油膜散)以完成續壓。

(6) 若 AC 料因其他因素，鋪築溫度在 100°C-80°C 之間，則用震動壓路機滾壓次數增加仍可達 98% 壓實密度(此不以常態為之)。

(7) 鋪設 AC 第一車道(或第一層)滾壓後，應作密度試驗，若試壓未達密度要求，則在續鋪其他車道時

增加滾壓次數，以達品質要求。

(8) 雙鐵輪震動壓路機滾壓操作時須注意事項：

- (1) 連接面之壓實列為優先。
- (2) 在傾斜路面由低處往高處滾壓。
- (3) 旋轉及變換進退滾壓時，應先停止震動。
- (4) 速度之改變應慢慢加減。
- (5) 前進及後退壓實時，應在同一滾壓面上。
- (6) 改變壓實面時，應在已冷卻之壓實面旋轉。
- (7) 每個壓實面應求其平行。
- (8) 保持鐵輪之充分溼度。
- (9) 切勿將壓路機停擺在未壓實好之面上。

(七) 小型震動壓實機：

有多種機型可供選擇，其機身重可由 170kg 至 740kg、離心打擊力 22kn 至 78kn、震動頻率 50Hz 至 65Hz，可依不同需求來選用，其運作原理係在底部平板上端備有一至二只水平轉軸，經由本身配置之輕型引擎，動力提供水平轉軸運轉，軸上附有離心偏心塊，二只水平轉軸離心偏心塊在同一視角皆作於相同角度，藉由兩軸離心力及本身自重作用來進行壓實的工作，搭配操作扶手可行前進、後退之控制。其構造雖簡單，卻可達 25m/min 之工作速度。並可完成各型大、小型壓路機所無法完成之工作，如人行步道、人孔邊緣，惟受限於自重，壓實力無法達到大、小型壓路機之壓實效果。

(八) WIRTGEN1900 瀝青路面鋪築機暨自動鋪築施工簡介

- 1、該型係全液壓傳動瀝青鋪料機，本鋪料機由履帶行駛、作業，穩定性較優，該履帶上覆橡膠層可防止破壞路表。
- 2、引擎型式：BF6M1013EC
- 3、鋪設寬度：2.5 M - 5.75M（液壓伸縮），加寬燙板可鋪設至 10M。
- 4、料斗容量：14 噸。
- 5、料斗寬度：3645mm。
- 6、鋪設厚度：用於鋪設合格級配料可至 300 mm 搭配震動壓路機滾壓厚度 300 mm 級配料用於鋪設 AC 料，厚度一次可至 200 mm，震動壓路機來回滾壓 8-10 次即可達要求密度，鋪設速度：0-25 公尺/分鐘，鋪設厚度與速度成反比。
- 7、本鋪料機設有鋤刀夯實(1800RPM)設備，宜鋪築厚度在 75mm 以上使用之，厚度 50mm 以下使用則配比石料易碎之。本鋪料機有偏心機構液壓震動燙板(2500RPM)設備。
- 8、本鋪料機有平燙板加溫設備，在鋪設 AC 料前應即加溫約 10-15 分鐘，始可鋪設。否則燙板溫度與 AC 料溫度相差太大，造成鋪築料面不平整。若以上設備皆使用，所鋪設(75mm 以上厚度)AC 料，在未滾壓前其密度即可達 95% 以上。
- 9、本鋪料機附設縱向、橫向自動水平控制器電子設備，應用本設備由
 - (1) 水平儀電子控制感測系統斜率顯示器(依設計設定斜率)。

(2) 鋪築厚度電子感應系統顯示器，按鈕設定縱向厚度後安裝滑板組上 6M 水線(或滑靴)與感應桿成 45 度角，若鋪設時感測(應)角度大或小則鋪料較厚或較薄，感測系統會感測信號至液壓開關脈動自動微調至顯示器正常(即中央燈閃亮)，若自動信號無法顯示設定厚度正常，則可用手輔助轉動(手動桿可轉 10 圈導程 2mm，每轉一圈誤差 0.2mm，若設定位置在中間即五圈歸零，左右各五圈，即為 1mm 導程)或按鈕重新設定厚度鋪設。

10、本體重力水平控制系統使用前，應在場內水平區域內作調整水平儀與鋪料機機身及燙平板在同一水平上(即校正歸零)。應用該系統鋪設路面才會獲得高平整度。

11、假如新築道路碎石級配層能合乎高程規範或加鋪道路，則使用本鋪料機附設縱向、橫向自動水平控制系統中 6 米水線滑板組，鋪設第一車道(外側車道)AC 後，折回鋪第二車道則可使用滑靴在第一車道滑行自動鋪設，餘類推之。

(1)使用自動鋪設系統，佔鋪築車道+40cm 即可。

(2)斷面斜率：一般道路 2%，鋪設時請注意路面排水性。

(3)新築車道使用自動鋪築鋪底層(一、二、三層)如遇有人孔、井口等，可作傳統式跳躍升高燙平板通過(該小段用人力補作)，以此間隔式鋪設底層，待面層時全程使用自動鋪設。

12、製作高程控制座，依鋪設寬度車道(橫面)決定放置位置(車道縱面每 2.5--3.0 公尺)，並計算調整高程。並於噴灑粘層(或透層)後立即安置高程控制座

且設置水線拉緊固定，並事先作高度檢核，以達鋪築平順精確。

13、鋪料機自動控制系統感測桿(如附件)安裝後調整，使其在鋪築 AC 時能依高程控制座上水線成 45 度角接觸滑動。

14、當鋪設第一道第一層 AC 之後，其餘車道則可利用鋪機自動感測系統中滑靴，在已鋪設 AC 車道上滑動鋪築。

15、斜率：

道路由於排水性及彎道之行車速率、離心慣性等因素所設計之路面橫向斜率，在鋪設 AC 時由鋪料機自動控制系統中水平電子感測儀顯示並調整設定之。若縱向左彎車道，則須在鋪設直向(即曲線切線)車道終線前(橫面)採斷面斜率(+、-)，(每公尺調整斜率一次以緩慢鋪設為宜)，漸次遞減歸零(即水平)再遞增至彎道設定之斜率鋪設，例：(2%→0%→-5%→-2%→0%→2%)若縱向右彎車道，則須在直向車道終線採原設定斷面斜率漸次遞增至彎道半徑弧線路段斜率，例：(2%漸增至 5%)鋪設。

例如： 高速路面及橋面....斜率 1 %
一般路面....斜率 2 %
彎道標示....斜率 3 - 6 %

車道鋪設之順序目前鋪設習慣於由斜率高(內車道)往下處(外車道)鋪築，AC 料在滾壓時造成往下壓滑之弊，若改由低處往高處鋪設，滾壓時 AC 料有重力擠壓作用。

二、A C 再生、土壤穩定與其技術工法

(一) 土壤穩定概論

在現代，世界各地的工程師，都已懂得使用穩定處理技術，來克服鋪面材料固有的缺陷，以達到所預定的成效，除了強度增進外，穩定處理技術的採用，亦可提高耐久性及抗水份侵害。許多地區現地的天然材料，因固有的缺陷而無法做為高品質的鋪面材料，如果硬要挖除並以好的材料替換，則除了有棄土石及借土石的問題外，勢將增加許多的運輸費用，穩定處理技術即因應此種狀況而受到重視，採用少量適當的穩定劑，往往可以將現地固有材料的品質提昇為符合要求的材料，而且這種工法不但適用於新建工程，也可用在舊路面修復或是再生的工程，效益相當高。

儘管土壤穩定的原理及功能在多年前就為世人所肯定，但其真正廣為運用於實際工程上，並發揮其潛能，是在近年來專用穩定土拌合機/再生機問世以後的事。

透過土壤穩定，一般施工中應該挖除或廢棄的飽和或不適用粘性土的數量將大幅降低。而土壤穩定另一個顯著作用則是，土壤經由穩定化處理，將產生均勻而穩定的路床，從而為鋪築之面層提供均勻而穩定的支撐，進而增長鋪層的壽命。

以下擬就各種穩定劑加入到土壤中的物理及化學作用及其利用現代化機械在土壤穩定中的實際應用加以說明，並對如何土壤穩定如何加快施工進度及應用於實際工程中提出案例。

(二) 穩定劑概述

世界各地目前使用中的鋪面穩定劑有很多種，有些是化

學藥劑類，如氯化鈣、長鏈高分子聚合物、及硫化石油衍生物等，有些甚至是成份不公開的專利材料；而最為大家所熟知的則屬水泥系穩定劑。無論是那一種材料，其採用的目的都是相同的，即將顆粒材料黏結以增加強度或提高抗水份侵害的能力，而一般選用穩定劑的原則，按其重要性依序為：

- 1、價格：穩定劑的單價，一般用處理面積計價，也就是每平方公尺多少元表示。
- 2、材料是否容易取得：有些地方不容易取得特別的穩定劑，例如有些國家並沒有生產乳化瀝青。
- 3、材料特性：對特定的鋪面材料而言，有些穩定劑的穩定效果特別好，例如當欲處理之土壤的塑性較高時，使用石灰就比使用水泥來得有效。
- 4、政策：某些道路管轄單位基於以往的實績而偏好某種特別的穩定劑。

事實上每個國家或地區選用穩定劑的方法不一樣，有些地方可能是由政策而不是技術主導；因此，不採用某種穩定劑的原因，時常並不是技術上因素。工程師天性通常是保守的，走在技術前端的人，不僅孤單而且往往要承擔較大的風險。因此，大部份工程師往往採用經檢驗過且測試過的產品。水泥系及瀝青系的穩定劑，由於有長期以來的大量研究及試用成效，且有完整的標準檢測方法而較常被採用，基於此，這兩種穩定劑無疑是目前世界上最廣為採用的穩定劑。歐洲各國亦廣為採用。

以下除說明此兩種穩定劑的性質及土壤穩定的優點外，更介紹如何利用專用土壤穩定機/再生機進行土壤穩定。

1、 水泥系穩定劑

石灰、水泥、及其與飛灰的混合物、或是爐石粉等材料皆屬於水泥系穩定劑亦是目前最常使用的鋪面穩定劑。已失傳的古羅馬石灰穩定處理技術不計入的話，水泥是使用最久遠的鋪面穩定劑，其最早的使用紀錄是1917年在美國。

這類型穩定劑的主要功能是提高強度，其因為水泥水化反應釋出的石灰可與高塑性土壤中的黏土質反應而使塑性降低。但水泥一般都限制使用在塑性指數值(P. I. 值)小於10的土壤，塑性較高的土壤比較適合用石灰來進行穩定處理。

經穩定處理後的強度除了受穩定劑的劑量影響外，也受到原土壤性質的影響，一味地用提高穩定劑的含量來獲得強度是沒有必要的，因為穩定劑量太高可能使這些材料變脆，而很容易因疲勞而產生裂縫，所以，對穩定後鋪面層的強度不必做過份的苛求，須經由適當的配比設計方法，在實驗室內用取得的代表性樣品後，再決定最適當的穩定劑添加量。

(1) 水泥穩定處理注意事項

水泥穩定處理首先要注意的是無可避免的收縮龜裂，在實際施工時，龜裂的程度及穩定處理後材料的整體品質，主要受到下列各因素所控制：

a. 配合設計

由於不同材料欲達到目標強度所需添加的水泥量不同，故取得代表性的樣品，以適當的配合設計程序，來決定施工的材料配合比例。

b. 水泥的品質

水泥有一定的存放期限，一般而言，生產日期後三個月內必須用完。實務上不容易判定水泥的存放時間，尤其是散裝水泥，一旦對水泥的存放時間或是品質有疑慮時，應進行取樣試驗加以確認。

c. 添加水泥量的均勻性

包括採袋裝水泥人工播撒或使用撒播機、水泥漿噴撒機等。

d. 拌合均勻性

現地進行的穩定處理，常有拌合不均勻的疑慮，在處理機具設計及製造時，就有許多的研究採用多種試驗來確認機具拌合的均勻性，因此，大部份現代化的機具都可以達到均勻拌合的目的。

e. 水的添加

水泥穩定處理的原則是用水量儘量減少以降低收縮龜裂，即使有加水的必要時，最好在處理機具的拌合艙內加入，而且要適當地加以控制，最好不要超過材料飽和水量的75%。

f. 養治

在施工完成後，水泥穩定處理後的鋪面應至少養治七天，不讓其中的水份乾掉；如果水消失的速率超過強度發展的速率，則會有龜裂產生，欲防止水份乾掉可以適量灑些水，若這些處理過的底層暫不鋪上面層，且又得開放交通滾壓時，最好的方法是噴撒一層瀝青封層。

一般水泥穩定處理材料的品質指標為無圍壓抗壓強度(Unconfined Compressive Strength, 簡稱為UCS)，取樣的方法一般是在施工機具後端取得代表性的樣品進

行試驗。為使試驗的結果接近工地的狀況，取得的樣品應以適當的方法夯實及養治，並在不同的齡期進行試驗，由於水泥於養治期間將不停地產生水化反應，若夯實的時間不當，有可能破壞水化反應而獲得不佳的試驗結果。

(2) 水泥系穩定劑的冷再生

添加水泥系穩定劑的方法大致有下列三種，前二種是在欲進行穩定處理的路面上播撒水泥或石灰，第三種方法則是在處理機具的拌合艙內噴入水泥漿：

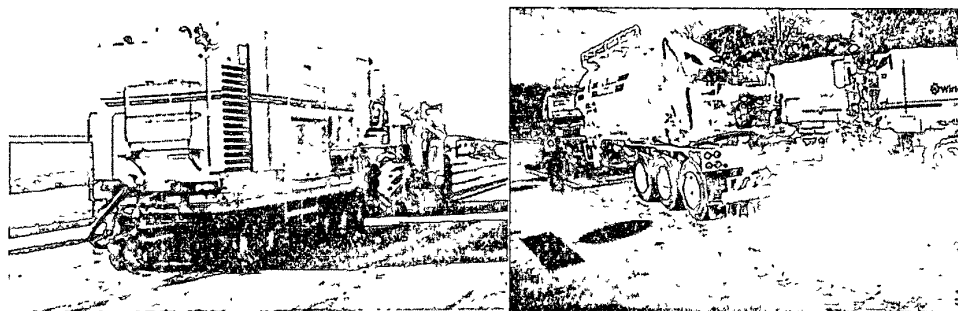
- a、袋裝水泥（或石灰）人工播撒：此種方法在勞工較便宜的開發中國家較常用，若在欲處理的路面上適當的標示正確，每幾個標示方格內擺一包水泥，可以獲得相當準確的添加量，再用塑膠器具將水泥（或石灰）均勻散佈在欲處理的層面上。
- b、撒播機：用由水泥料倉、輸送帶、播料螺旋、或空壓吹料機等組成的撒播機，進行水泥（或石灰）撒佈，可以方便進行添加量的調整。

這兩種乾式撒佈法，受到氣候尤其是風的影響很大，因為水泥（或石灰）的顆粒相當細，可以懸浮在空中，只要車輛通行就足以揚塵捲起，風大時可以將水泥顆粒完全吹離，這些狀況不但使水泥（或石灰）添加量降低，且將使局部區域的添加量不均勻。若播撒完後遇驟雨，則應儘速施工完成，不然則得將已水化的水泥挖棄。

- c、水泥漿噴撒機：像維特根公司WM1000的機具是特別設計用來將水泥和水拌成水泥漿，噴撒加入後不但水泥量達到要求，水量也達到預定的最佳含水量，此時水泥漿彷彿是液態的穩定劑，可以連接到處理機具的拌合艙內噴

入，這種方法是準確度及均勻性最好的方法。再生機組如下圖所示：

2、瀝青系穩定劑



由於科技的不斷進步，以乳化瀝青或泡沫瀝青型式的瀝青系穩定劑，愈來愈普遍，以往雖有用油溶瀝青相當成功的案例，但基於環保的因素，已逐漸不予採用。

用瀝青系穩定劑不會有採用水泥系穩定劑會發生的收縮龜裂，且可以在施工後馬上開放通車，因為瀝青系穩定劑只要與顆粒材料接觸就馬上有黏結的效果而不會因車輪輾壓而鬆散。只要適當地將完成面壓密修飾完成，這種馬上開放交通承受荷重的方式，對用瀝青系穩定處理的鋪面，不會有任何的壞處，但是在處理後鋪面獲得強度的第一個星期內，最好不要將壓路機或是重車長時間停放在完成的鋪面上。

瀝青系穩定處理是獲得強度並減少水份侵害相當具有經濟效益的方法，經瀝青穩定後的鋪面因具有柔性而比水泥系材料耐疲勞，故有較高的結構能力。針對舊路面養護、拓寬、及再生的需求，依處理的深度不同，目前有兩種不同的瀝青系穩定處理工法，以下分別對兩種不同的現地冷拌再生瀝青工法加以說明：

(1) 淺層冷拌再生瀝青工法

只對瀝青材料層再生的薄層再生工法，係用乳化瀝青當

作再生劑，改善現有路面瀝青的老化現象，基本上是一種現地冷拌再生瀝青工法，由於處理的深度較淺，一般不稱為穩定處理工法。

(2) 深層冷拌再生瀝青工法

處理深度超過 100mm，用瀝青將舊路面再生的穩定處理工法。用深層冷拌再生瀝青工法所獲得的瀝青穩定處理層，看起來並不像一般的瀝青混凝土，例如一般密級配的瀝青混凝土底層的空隙率可能在 4% 左右，但經深層再生瀝青穩定處理後的鋪面層，依原材料性質的差異，空隙率大約在 10% 至 20% 之間，故具有一般碎石底層的特性，可以經由顆粒間的摩擦力來承受破碎應力，但因為含有瀝青黏結料，也具有黏彈性材料的特性，可以承受反覆作用的張應力，可以說是一種「變種」。

有些材質較差的材料，在用瀝青穩定處理後滯留強度較差(也就是說浸入水中後就損失大量的強度)，此時可以用添加水泥來改善，少量的水泥或是石灰(約為重量的 0.5~2%) 可以有效地在不影響抗疲勞能力的前題下，提高滯留強度。因此，除非是欲穩定的材料只有舊瀝青混凝土，大部份的深層冷拌再生瀝青工法，都會添加水泥或石灰。

3、以泡沫瀝青作為穩定劑

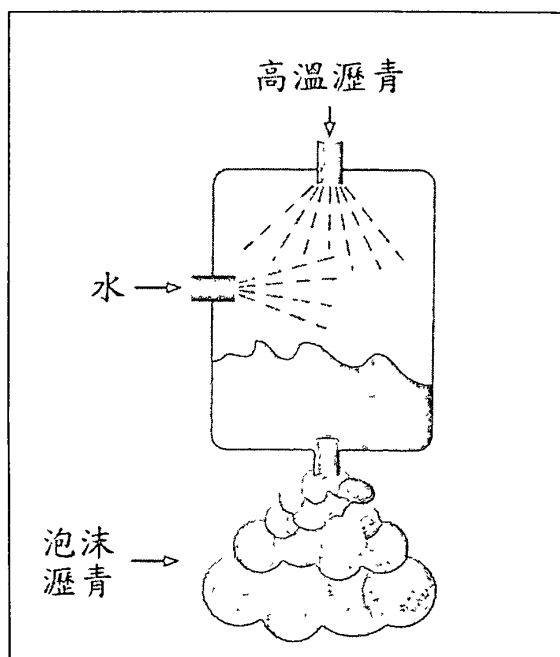
除了水泥及乳化瀝青外，泡沫瀝青是另一項相當不錯的選擇，本節除介紹泡沫瀝青，並說明用泡沫瀝青執行冷拌再生穩定處理的方法。

(1) 使用泡沫瀝青的優點

在高溫的瀝青中加入微量的水，起因於水的急速汽化而使瀝青的表面積大量增加，體積大量膨脹而使黏度變得相當低，這種狀態的瀝青可以很方便地與常溫濕粒料拌合均勻，粒料不必像熱拌般需加熱至高溫而耗費許多能源，瀝青不必像乳化瀝青般經過額外的加工乳化，使用相當方便且效益高，稱為「泡沫瀝青(Foamed Bitumen)」，泡沫瀝青不算是

一種新的瀝青黏結料，而是一種新式的瀝青拌合技術。

事實上泡沫瀝青的技術早在 1956 年就由美國愛荷華州立大學的森義教授(Prof. Ladis Csanyi)發明，當時森義教授用在高溫瀝青中噴入水蒸氣的方式使瀝青發泡。Mobil 石油公司後來取得森義教授此項發明的專利權，並發展出第一套發泡艙以便將水及瀝青在該艙中拌合發泡，如下圖所示。



泡沫瀝青發泡示意圖

- 無論是品質高的碎石或是含高塑性細料的劣質礫石料，都可以用泡沫瀝青工法進行穩定處理，若與乳化瀝青穩定處理再生比較，改採用泡沫瀝青工法至少具有下列三項優點：
- 1、黏結劑的單價及運輸價格較低，因為泡沫瀝青只要採用一般常用的針入度級瀝青即可，且只有添加相當少量(一般為瀝青重量的 2%)的水，除了初期施工機具的購置成本外，沒有其它的黏結料製造及運輸成本。
 - 2、經泡沫瀝青工法處理拌合後的材料，可以馬上進行鋪築及滾壓，滾壓完成後馬上開放交通承載荷重。
 - 3、經泡沫瀝青工法處理後的材料，也可以有較長的存放時

間且保有其工作性，既使拌合處理後遇到下雨，也可以儘快施工完成，不會有雨水將黏結料沖離粒料表面的顧慮。

與一般乳化瀝青穩定處理相同，在泡沫瀝青工法中，也會加入少量的石灰或是水泥。但在泡沫瀝青工法中加入的這些水泥或石灰，除了提高對水侵害的抗力外，也因為提高通過200號篩的顆粒量，而有助於將泡沫瀝青均勻分散以黏結粒料。

(2) 泡沫瀝青的性質

作為冷拌再生穩定處理使用的泡沫瀝青性質，主要受瀝青的發泡特性、瀝青等級與流變性、及瀝青散佈均勻度等三項因素的影響。

(3) 瀝青的發泡特性

泡沫瀝青工法乃以膨脹比(Expansion Ratio)及半縮期(Half-Time)來描述瀝青的發泡特性。所謂膨脹比是指當瀝青與水拌合發泡後的最大體積與未發泡前體積的比值，而半縮期則是指由發泡得最大體積為準起算，至體積縮減至一半所經過的時間。一般高溫的瀝青經與少量水拌合後，體積在很短的時間內膨脹至最大，此後體積開始縮減，為了使發泡後的瀝青能順利與常溫的濕粒料拌合，膨脹比愈大愈好，半縮期則儘量長，以便有足夠的工作(拌合)時間。

瀝青的發泡特性，也就是膨脹比與半縮期受到許多因素影響，其中較重要者有四：

- a. 瀝青發泡時的溫度：一般而言，發泡時瀝青的溫度愈高，發泡特性會愈好，但溫度高表示需要較多的能量將瀝青加熱。
- b. 發泡時加入的水量：一般而言，發泡時加入瀝青的水量愈高，則膨脹比會愈大，但是半縮期會愈短。
- c. 發泡艙中的壓力：一般瀝青乃抽送入發泡艙中與水接觸後

發泡，若發泡艙中的壓力較低(例如低於 3Pa)，則不利於膨脹比及半縮期。

- d. 瀝青或水中有否加入消泡劑，如在煉油廠中為不使瀝青在抽送及儲存的過程中發泡，可能加入一些矽化合物類的消泡劑，若是如此，則此種瀝青的發泡特性可能受到影響，不適合用在泡沫瀝青工法。

用瀝青系穩定劑不會有採用水泥系穩定劑會發生的收縮龜裂，且可以在施工後馬上開放通車，因為瀝青系穩定劑只要與顆粒材料接觸就馬上有黏結的效果而不會因車輪輾壓而鬆散。只要適當地將完成面壓密修飾完成，這種馬上開放交通承受荷重的方式，對用瀝青系穩定處理的鋪面，不會有任何的壞處，但是在處理後鋪面獲得強度的第一個星期內，最好不要將壓路機或是重車長時間停放在完成的鋪面上。

瀝青系穩定處理是獲得強度並減少水份侵害相當具有經濟效益的方法，經瀝青穩定後的鋪面因具有柔性而比水泥系材料耐疲勞，故有較高的結構能力。

泡沫瀝青是在高溫的瀝青中加入微量的水，起因於水的急速汽化而使瀝青的表面積大量增加，體積大量膨脹而使黏度變得相當低，這種狀態的瀝青可以很方便地與常溫濕粒料拌合均勻，粒料不必像熱拌般需加熱至高溫而耗費許多能源，瀝青不必像乳化瀝青般經過額外的加工乳化，使用相當方便且效益高，稱為「泡沫瀝青(Foamed Bitumen)」，泡沫瀝青不算是一種新的瀝青黏結料，而是一種新式的瀝青拌合技術。

(三) 土壤穩定之應用

土壤穩定的某些優點我們已經提到過，比如，將黏塑性材料轉化成脆性的，和易性好的材料，從而大大提高其承載能力。其他主要優點如下，穩定後的材料對雨天不敏感，從

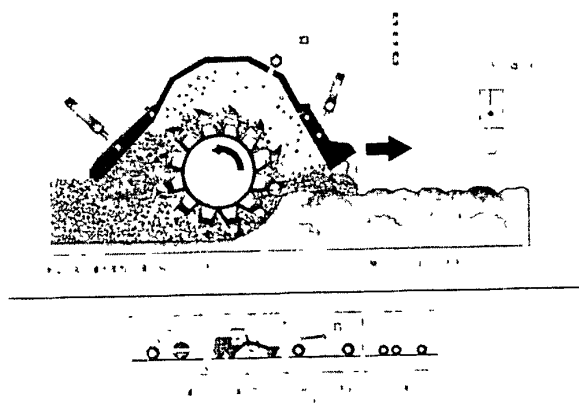
而增加了雨季施工的可能性，也即加快了施工進度。土壤穩定過程使路床的土壤材料得到穩定化，所形成的較厚的且均勻一致的底層將為上層面層的鋪築提供均勻的支撐，從而減少不均勻的沉陷，並減少面層裂紋的發生。穩定後材料的黏結使其獲得較佳的強度，從而在路床內形成一種“樑”效果，這從根本上改善了路床的支撐強度，因此延長了鋪層的使用壽命。劣質土壤材料，比如高塑性土，黑色膨脹土以及飽和土壤材料便不必再運棄，只要進行就地石灰穩定就行了，土壤穩定化將大大降低工程的造價。

1、土壤穩定的應用

過去十年來，為了滿足全世界範圍不斷增加的對築路材料穩定及就地再生的需要，開發出了系列專用機械設備。在許多國家，一旦施工需要，用戶就可以找到合適的機械。例如，正在修建的法蘭克福至科隆高速公路工地，就有數台大型機械同時進行土壤穩定施工。

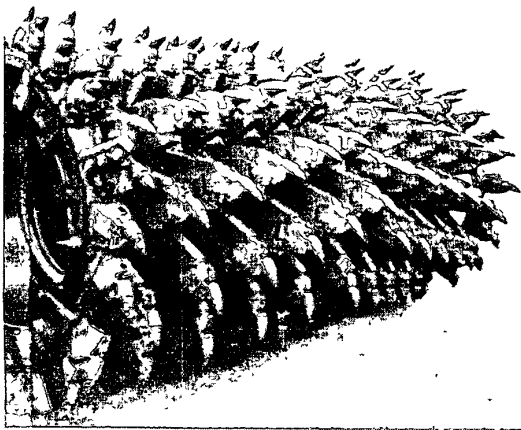
(1) 土壤穩定工法

如前所述，土壤穩定實際上就是將石灰與土壤材料混合以形成穩定之路床。盡管理論上很簡單，但事實上，要想採用如耕地犁、平路機、推土機之類的傳統機械，針對潮濕的黏性土壤予以拌合以獲得均勻的石灰穩定底層是非常困難的。採用這類機械不僅施工品質差，而且穩定層的厚度也受限在 20cm 以內。另外，當土壤很軟尤其泥濘時，這類機械也容易陷住。現代土壤穩定機/再生機便是專門設計用



來克服上述困難的。這種機械的核心部分為一轉子，其上裝有大量碳化鎢硬質合金刀具。轉子的旋轉方向可使刀具作上切運動，最大工作深度可達 50cm，如上圖。

石灰首先被撒佈在拌合機前，拌合機通過時，將其與土壤材料均勻地拌合至所需深度，最大深度可達 50cm。這種拌合機功率強大，其一次作業可達的深度大，便可獲得較高的生產率。具體施工過程見下圖。



由於這種拌合機裝設在大型，高附著性，液壓馬達獨立驅動的輪胎上，因此可以在鬆軟、飽和的土壤下施工而不致陷住。

(2) 土壤穩定施工步驟：
土壤穩定基本上分三個步驟，

- a. 撒佈石灰粉狀石灰被撒佈在拌合機前的路面上，最簡單的撒佈方式是手工撒佈。現場拆開石灰包，之後人工撒佈在土壤表面。石灰包按一定間隔均勻地擺放在施工面上，每袋石灰均勻地撒佈在其周圍，這樣，拌合後土壤材料即獲得了所需的石灰含量。前述撒佈石灰粉也可以採用帶撒佈裝置的石灰罐車撒佈石灰。
- b. 將拌合轉子設定到所需的拌合深度，在拌合機通過後，後方便是經轉子拌合後，已拌合均勻而尚未被壓實的石灰穩定土壤材料。
- c. 穩定化拌合後，經穩定後的材料可以立即壓實，但如果仍很潮濕，也可以先乾燥一段時間後再進行壓實。壓實係採用大型鋼輪振動壓路機。土壤穩定施工中所

需機械設備如下圖：



(四) 就地冷再生

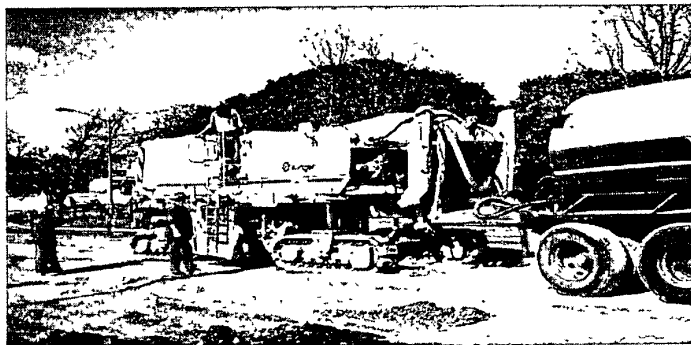
1、就地冷再生技術介紹

首先就就地冷再生技術的含義，及其優點和用途加以說明。

本工程係採用深層就地冷再生施工法，該工法是由專門的再生機具來施作，再生機具的核心是由一個裝有若干個硬質刀具的切削轉子組合而成。

土壤穩定拌合機/再生機的是由裝備一體式料斗和撒佈裝置組合而

成。此時，石灰由罐車泵入機載料斗。如右圖。



土壤穩定處理能否成

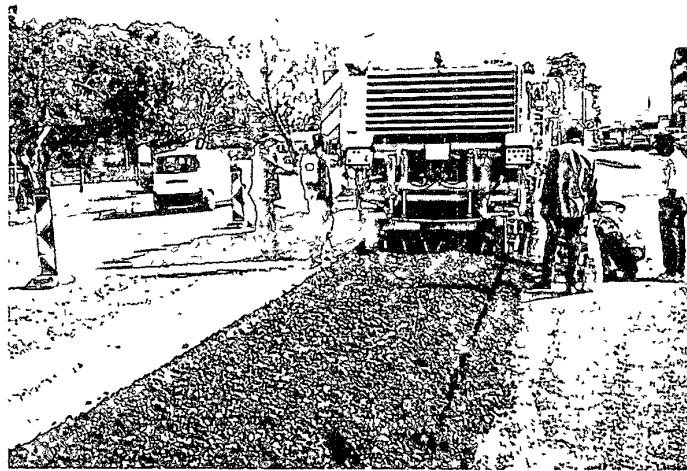
功，主要取決於兩方面因素，首先，所用石灰純度要高，規範中應有具體參數加以保證。此外，試驗室應對同一土壤在不同石灰使用量下進行塑性及 CBR 值的測試以確定最佳石灰

的用量。被穩定土壤的組成不同，所需石灰用量差別很大，但最典型的石灰用量為 4%(重量百份比)。其次，土壤與穩定劑的拌合作業能量及深度是能否採用土壤穩定方法的前提。要想獲得滿意的土壤穩定效果，可參考採用目前的現代化拌合機/再生機。這種機械能夠一次在 50cm 厚度內將石灰與土壤材料充分、均勻地拌合。其特殊設計可確保機械在惡劣施工條件下不至陷住，其作業能量遠遠超出採用傳統機械施工時所期望達到的產量。

2、就地冷再生的優點

地冷再生的連續拌合何以確保保證舊道路材料與新骨材和穩定劑的充分拌合，說明如下，如下圖：

(1) 拌合均勻：水和其他液態穩定材料透過微電腦控制，經過一系列噴嘴，於再生機的整個轉子寬度範圍內均勻地撒佈。



(2) 準確控制鋪

層厚度：工作深度一旦設定，則轉子的切削深度將由感應器及控制系統確認，從而獲得準確的再生鋪層厚度。

(3) 縮短工期：工期的縮短是因為現代再生機械具有很高的作業能量，降低了天氣條件的影響程度，就地冷再生技術具有於不確定的天氣條件下仍可連續施工的優點。下雨時，可以暫停施工，一旦雨停，馬上即可恢復施工。

(4) 改善交通中斷狀況及施工安全：可以半幅施工，半幅開放交通。

將土壤材料穩定處理以便形成支撐面層的路床，其優點還包括將施工季節延長到潮濕的雨季，減少面層提早損壞或底層不均勻沉降的可能性。土壤穩定過程，產生較厚且均勻的路基底層，不但改善其承載能力，增加其使用壽命，同時，經過穩定後的劣質或飽和土壤材料再也不必挖除或廢棄。綜上所述，土壤穩定若能妥為運用，將使我們能以較低的成本、較短的工期修築出品質一流的道路。

3、土壤穩定於林口應用實例

林口紅土具明顯的膨脹、收縮特性，如遇水崩解，強度減低等，易使土層形成裂縫，而於豪雨時為雨水提供良好的水路，形成土壤大量沖蝕，且如有礫石雜夾其中，則更易造成崩塌的現象；近年來該區之快速發展，使得住宅地及工廠用地增加不少，除作為建築工程外，紅土礫石材料在作為路基時，亦承受由車輛移動所造成之重複載重，以致常因豪雨發生邊坡滑動、道路沉陷或建築物受損等災害。為防止或減少災害之發生，除做好水土保持，徹底排放積水外，以化學方法改良紅土之基本性質亦為一有效之措施。

營建署重機械工程隊於林口外四十道路施工時，即因前述紅土之特性及該地係屬舊有河道經過，地下水位高等因素影響，通車不久後即發生沉陷龜裂現象。後經埋設盲管導水及添加水泥以進行穩定化處理，路基底層漸趨穩定，原沉陷龜裂之路面再次加封瀝青混凝土面層後，通車迄今並無任何變形，此為利用水泥以求土壤穩定之一例。相信前述工程若能配合維特根公司的 WR2500 再生機，採用就地冷再生施工技術改良林口紅土土壤特性，必能大幅縮短施工時程，增加土壤拌合時之均勻性及混合後之穩定性。

三、歐洲土資政策：

(一) 西歐各國現況之土資政策

西歐各國於 1980 年代中期，開始重視營建廢棄物的處理及應用再生材料，經多年推行及制定法令限制，以多重方式進行。十多年來方見成效，但各國皆認為尚有成長空間，提高再生使用的比例。

在參觀訪問的三個國家及收集其臨近國家資料，歸納各國共同的共識與步驟，其土資政策如下：

- 1、嚴格管制營建廢棄物的源頭和拋棄場所。
- 2、獎勵和協助再生處理場的設置，並視為營建材料生產的一部份。
- 3、立法強制一般營建工程必須使用 20%~35%的再生材料。引導廢棄物→處理場→再生→使用，一系列的管道與瓶頸。
- 4、廢棄物必須做初期分類，增進再生料的品質與利用價值。

國別	是否立法管制	實施現況摘要
比利時	是	拆除和工程廢棄物不得丟棄，除非無法再生利用。（以價制量減少丟棄掩埋量。） 丟棄量自 1990 年的 60% 減至 2000 年的 10%。
瑞典	是	拆除和工程廢棄物必須運交處理場。或指定拋棄掩埋場

		，但繳交高額費用。
法國	是	廢棄物必須運交處理場。丟棄掩埋以無污染性，收費高35%。
德國	是	廢棄物必須運交處理場再生利用。丟棄掩埋，以無污染性，收費高50%。
義大利	是	廢棄物限定丟棄至指定掩埋場。
荷蘭	是	所有營建廢棄物不得丟棄，必須處理再生利用。強制各類工程至少使用再生材料20%，另擬於2005提高至35%~40%。
西班牙	是	廢棄物丟棄問題日益嚴重，雖已立法限制，但執行不彰，成果有限。
英國	是	所有營建廢棄物須運交核可處理場供再生和分類掩埋。

(二)、營建廢棄物的來源及處理分析

一、下列各國國土面積/人口與營建廢棄物之關係

國別	居民 .千人.	國土面 積 (km ²)	居民/ km ²	營建廢 棄物總 量 1990 .千噸.	噸/ km ²	營建廢 棄物總 量 2000 (千噸)	噸/ km ²
瑞典 .SW.	8,800	449,964	20	6,300	14	7,600	17
法國 .F.	52,300	551,607	94	25,000	45	28,000	50
德國 .D.	78,800	356,923	220	65,000	182	74,000	207
義大利 .I.	56,000	301,260	186	8,300	28	14,100	46
荷蘭 .NL.	14,300	41,160	347	13,800	335	15,400	374
西班牙 .ESP.	37,100	504,879	74	7,200*	14	7,200*	14
英國 .GB.	55,900	248,000	225	45,000	181	60,000	242

註：

在西歐各國中以荷蘭、德國、英國大力推行營建廢棄物再生利用。實際上發現與人口密度，營建工程與廢棄量是持相對正比的。

一般營建廢棄物之處理流程：

- (1) 在拆除、挖掘現場做初期分類，卡車分級運送。
- (2) 卡車載運進場→過磅→分類堆置→收費。
- (3) 依據銷售市場需求，分類、分級配比生產。
- (4) 輪式鏟裝機、怪手→進料斗→初碎
→磁選（刪除鋼筋、廢金屬）→振動篩選
→分料0-10 m/m，10-20 m/m，20-30 m/m
→二次破碎（+30 m/m）→振動篩選→分料

主要設備：

進料機（Feeder）

初碎機（Impact Crusher）

振動篩選機（Tripple-Deck Vibration Screen）

磁選機（Magnetic Separator）

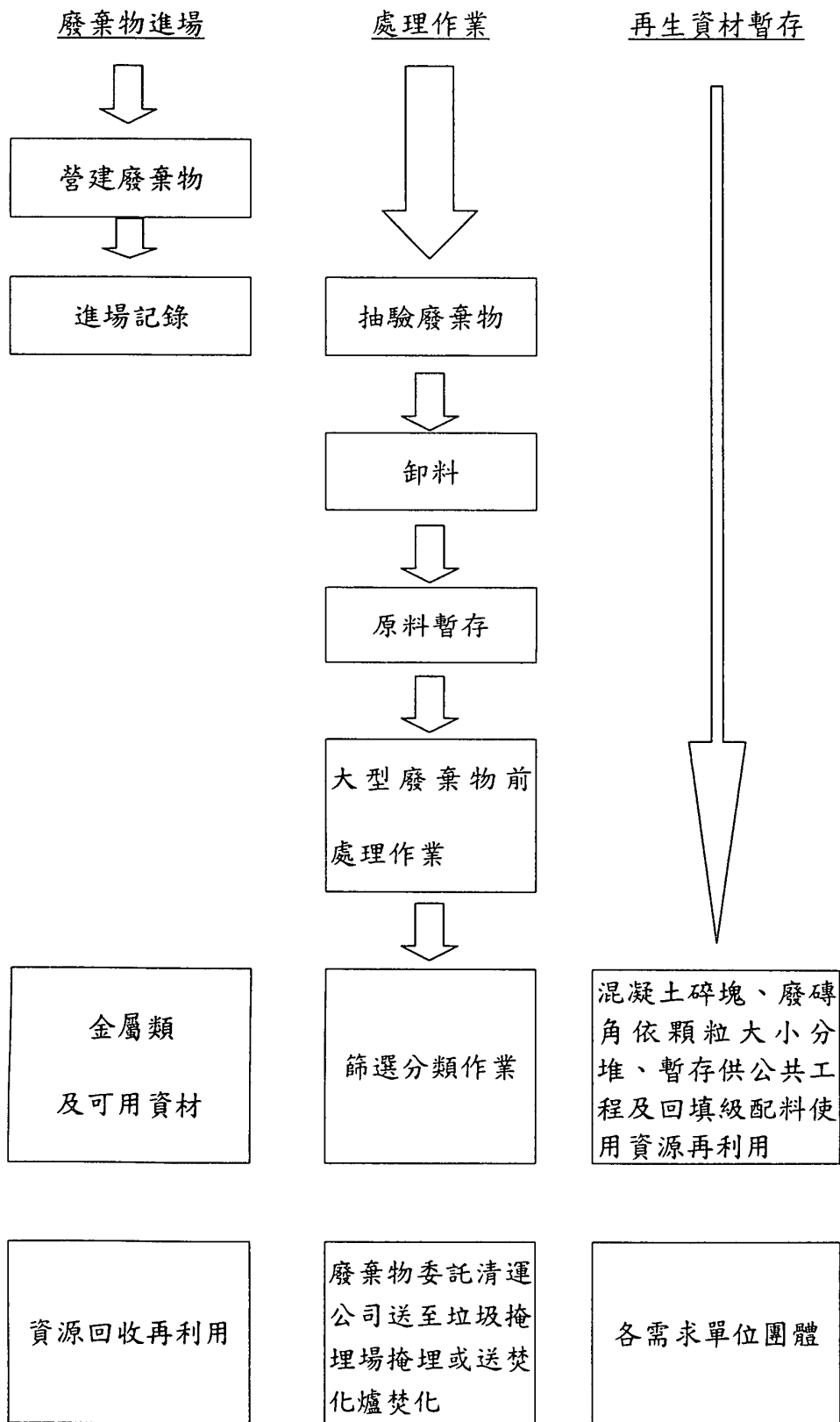
二次破碎機（Jaw Crusher）

履帶挖土機（30 Ton級）

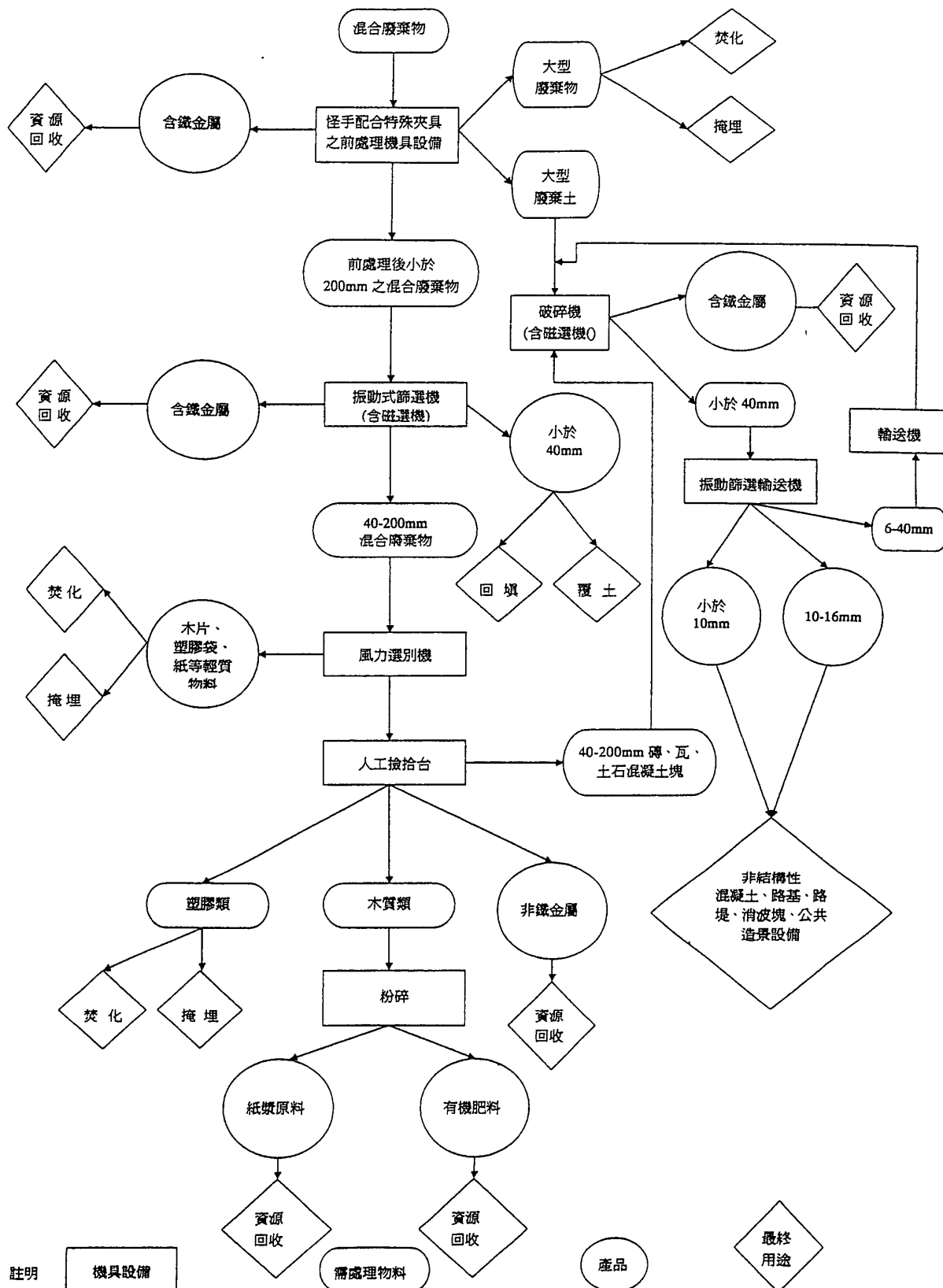
輪式鏟裝機（4.0M³級）

小型鏟裝清理機（0.7 M³級）

營建剩餘土石方進場流程：



綜合廢棄物處理流程



伍、考察心得

- 一、新型施工幾具的研發與推廣：營建工程施工，必須與精密的施工機械配合施做方能達到安全、提昇品質、克服施工障礙，縮短工期等效益。而好的施工機械研發，必需藉由施工經驗，由研發、設計、組裝、生產、品管、行銷全程控管，方能製造出最好的施工機械並將新穎施工機械推廣至世界各地，德國維特根集團（Wirtgen Group）之重型施工幾具能在世界佔一席之地，其經驗可供本國廠商參考。
- 二、土壤穩定在台灣：台灣地區粒料已見短絀，而高級路面之鋪築常達 80 至 100 公分，因此，土壤穩定化處理將成為解決方案之一。而土壤穩定處理係以細顆粒材料作為穩定劑，填充級配料所剩餘的空隙，使土壤產生穩定之效果，兩者在設計前皆必須先作材料調查，以瞭解其特性，然後再訂定設計值及施工規範及品管項目等，以供作施工監督、品質管制之參考。
- 三、在國家的公共基礎建設和一般民間營建工程中，廢棄物（含挖掘的剩餘土石方）的產生是無法避免的一大問題，適當的處理回收是絕對必要的措施。如處理得當並引導再生利用，不但可節省天然資源的消耗，同時亦是保護生態環境的延續及保留後代子孫的生存空間。反之處理不當，則後果不可想像，且國家和社會將直接或間接的付出相當的代價和成本。因此政府和相關業者皆有責任和義務重視此一嚴肅的問題，政府應儘速制定法令規章，約束廢棄物的擴張並導引獎勵民間業者參與廢棄物處理與再生利用。
- 四、營建廢棄物基本上不同於一般生活和都會區的廢棄物

(垃圾)。絕大部份是拆除的混凝土，磚瓦，土石，鋼筋，木料，瀝青混凝土等，若加以適當處理是可以再生利用的。但在處理的過程中，其技術必須專業化，方可提升再生利用的比例。因此政府不可以一般廢棄物處理證照視之。應鼓勵營建相關業者共同參與，使處理後的再生料儘可能達到工程需求規範，視為工程材料的商品推廣應用之。

- 五、營建施工廢棄物不落地：歐洲國家，小型工程施做：如建物、道路、人行道整修、新建等，施工中廢棄物，必需以鐵櫃（或鐵斗）裝置，再直接以卡車運走，以免倒在馬路上，造成地面的污染和塵土飛揚。
- 六、施工模板藝術化：歐洲建物，其造型甚多充滿藝術性，除凋刻外，很多建物之造型是直接採用造型模板：即拆模後，其結構體免再修蝕、凋刻即顯露出藝術造型，西班牙著名的建物聖家堂，其壯麗的外觀，即是以造型模板完成的點型代表作。
- 七、工地安全維護：歐洲施工中工程，其安全圍籬施做，皆採密閉室：即作業空間完全與外界阻隔。較不易發生交通事故及工程災變。

陸、建議事項

一、對於國外斬穎技術（機械、設備、材料、設計、施工、監造等）宜鼓勵工程界多研議、觀摩、參酌並引進：以提昇本國工程水準。

二、採用新型機械及技術，提高施工績效：

近年來各國對重機械之性能、及安全等各方面之研究改進及發展不遺餘力也有可觀成果，其發展趨向不但在於提高其性能、操作及安全，並為節省人力與提高工作能量（縮短工期）往自動化發展，且減低施工成本，因應各種工程及工地需要，分別製造多種機型可供選擇，同時改進其施工方式及技術，因此我國採購國外重機械時，應兼顧施工需要、能量、成本及技術，購置最經濟、實用之高效率新型機種，同時引進新的施工技術，俾有助於提升我國的施工技術層次及效益。

三、強化品管制度，提升工程品質：

工程品質不良將影響使用之安全與功能。重機械的精密化提高機械功能及其工作效果，有助於提升工程品質及減低公害，惟機械功能之發揮有賴於有關單位之輔導與健全的品管制度及有關人員之嚴正的盡到品管責任。環視國內公共工程品質較之歐美、日本先進國家之工程品質仍有差距，宜正視問題所在，研討提升工程品質，應是工程界努力以赴的重要課題。

四、提升瀝青混凝土路面再生技術：

本省經濟屬於缺少天然資源之海島經濟型態，對於可再生利用之資源必須積極回收利用。瀝青混凝土之原料資源為石油及砂石，均為本省短缺的重要資源，損舊的瀝青混凝土路面再生，不但可將其資源全數回收使用，節省工程費，且可大幅縮減路面之整修工期及防止二次公害，並可提升路面補修標準。

五、發展並推廣劣質土與建築廢棄物再利用及流向追蹤技術：

劣質上加入適當之土壤穩定劑，就地處理即可再利用，除可減少廢棄土量外，更可減少施工成本，我國因廢棄土管制不當，除延誤工期，更造成隨意棄置污染環境等問題，宜研擬週延管制及使用辦法。

六、選擇適當施工機具：

都市施工機具宜採中型，運輸方便，污染性少的機具，在德國都市土方機具，以夾土機最多，因為作業速度快，作業半徑小，適合道路作業。

七、縮小施工面積，減少對交通及市容的衝擊：

在交通頻繁之處施工時應小塊小塊施工，減少施工中所佔用的道路面積，使施工對於交通及市容影響最小。

八、重視施工死角，不可省略壓實作業：

重視施工死角，才能突破品質的瓶頸。小型壓實機作業辛苦，不如開壓路機，因此國內施工單位不喜歡使用。因此大型壓路機留下的死角無法克服，造成道路完工後不久的局部凹陷。因此要加強小型壓實機的利用。在歐洲道路平整，大小工程都備有小型壓實機，一如手工具隨手使用。

九、修正材料規範—使用再生材料的合法化：

目前各項公共工程和民間營建的工程單位皆受限於工程設計與材料規範，無法採用“再生材料”。因此希望各工程顧問公司和設計單位，在不影響工程結構和品質的前提下，允許採用相當百分比的“再生材料”一則可節省部分工程成本，再則認知使用相當比例的再生材料是設計者的責任和義務。

十、減少施工噪音震動的污染：

震動壓路機提高了滾壓的效率，而產生震動與噪音在都市施工噪音管制之下，各國都積極研究低噪音、低震動機械，以提高施工中居民的

生活品質。

十一、藝術溶入工程設計：

工程加點巧思，就變藝術，歐洲的公共工程建築、道路、隧道口融合周遭的景觀，整個景色因工程而生色。

十二、人行道提高設計荷重：

人行道的地下，應該是埋設修護最頻繁的管線，時常都會被挖開為減少施工材料的消耗人行道的地磚加強加厚，重複使用，以節省資源。人行道的強度也應加強，在無法禁絕車輛出入，應考慮提高基礎的材料壓實及路面材料的抗壓。

十二、注視國際發展，迅速提出策應：

國際動態包括政治、經濟、外交、文化、環境等等議題，政府加入WTO後，競爭更行激烈，各項因應措施，應該謀求與國際發展同步，才能壯大發展，融入國際舞台，提昇國際地位。

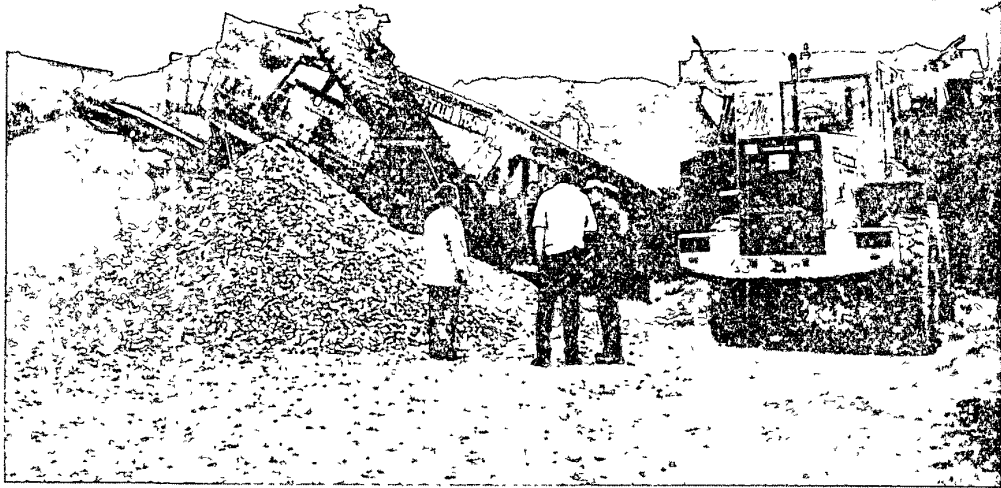
柒、考察實錄



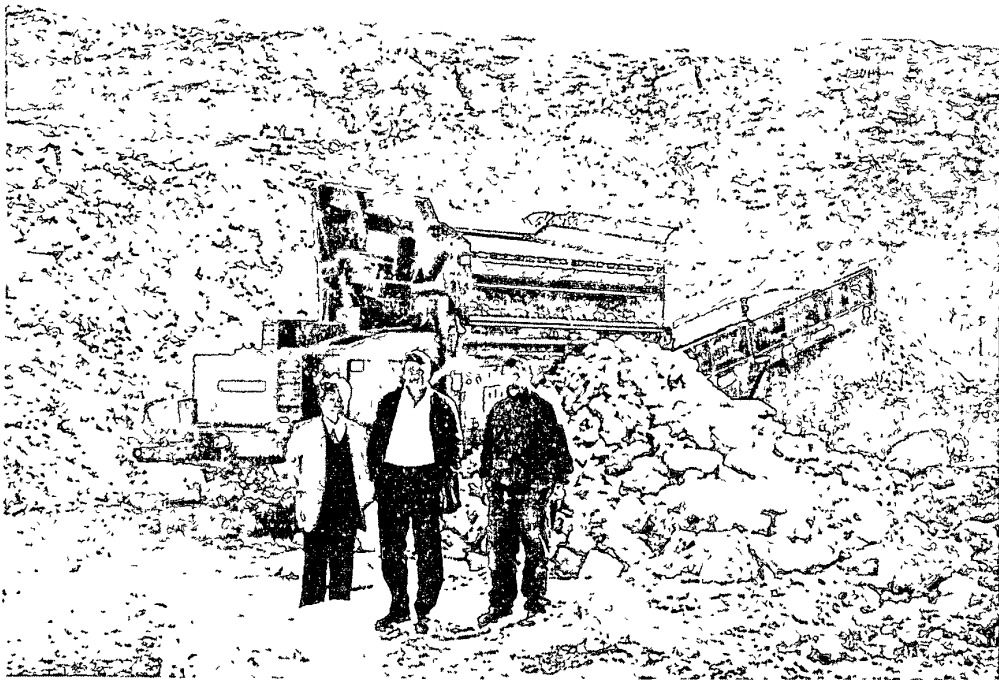
馬德里臨近的砂石場及施工機具



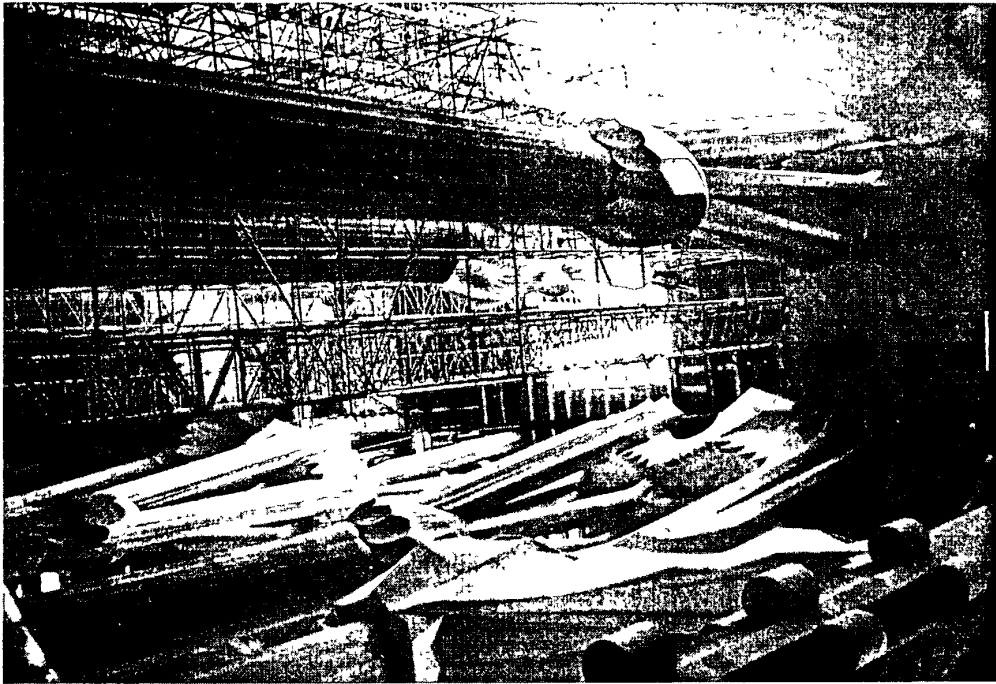
馬德里臨近的砂石場



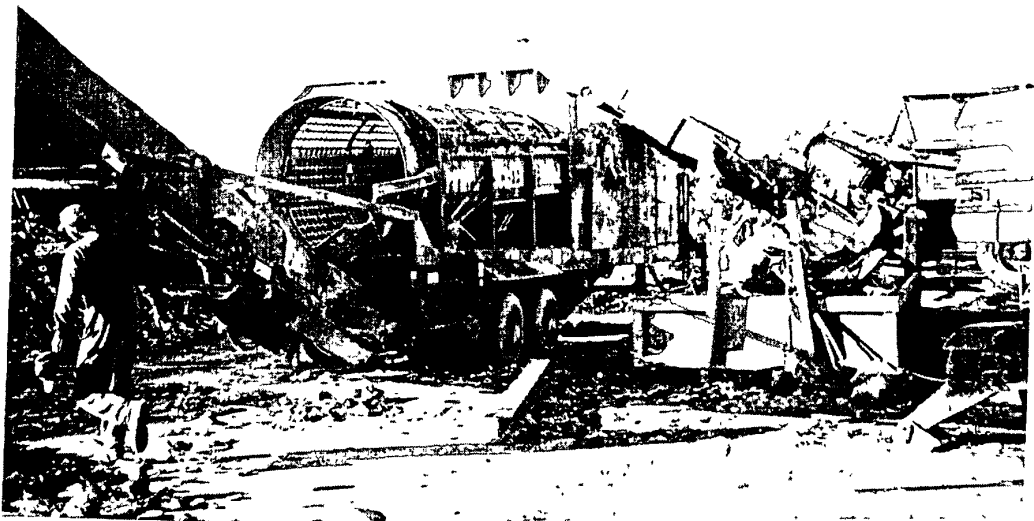
巴塞隆納之砂石場(含混凝土塊再處理利用)



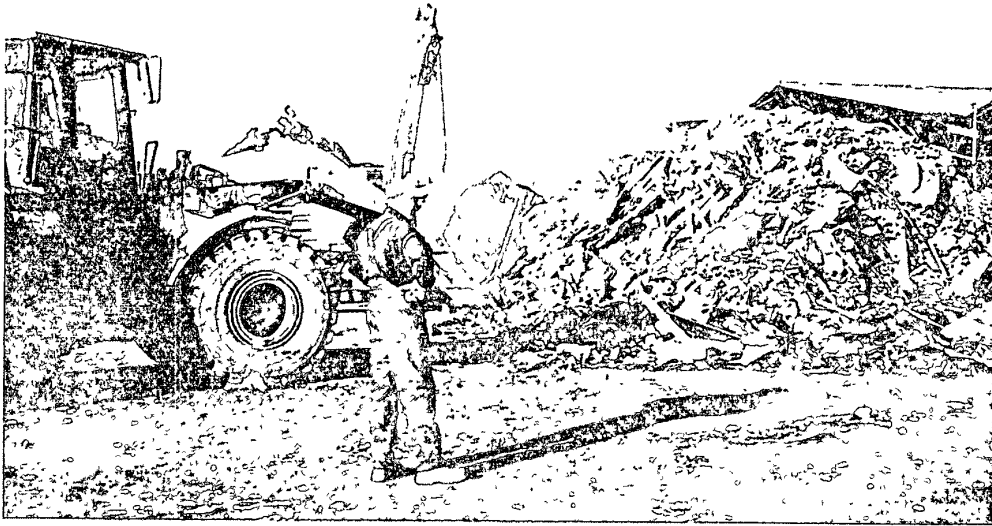
巴塞隆納之砂石場



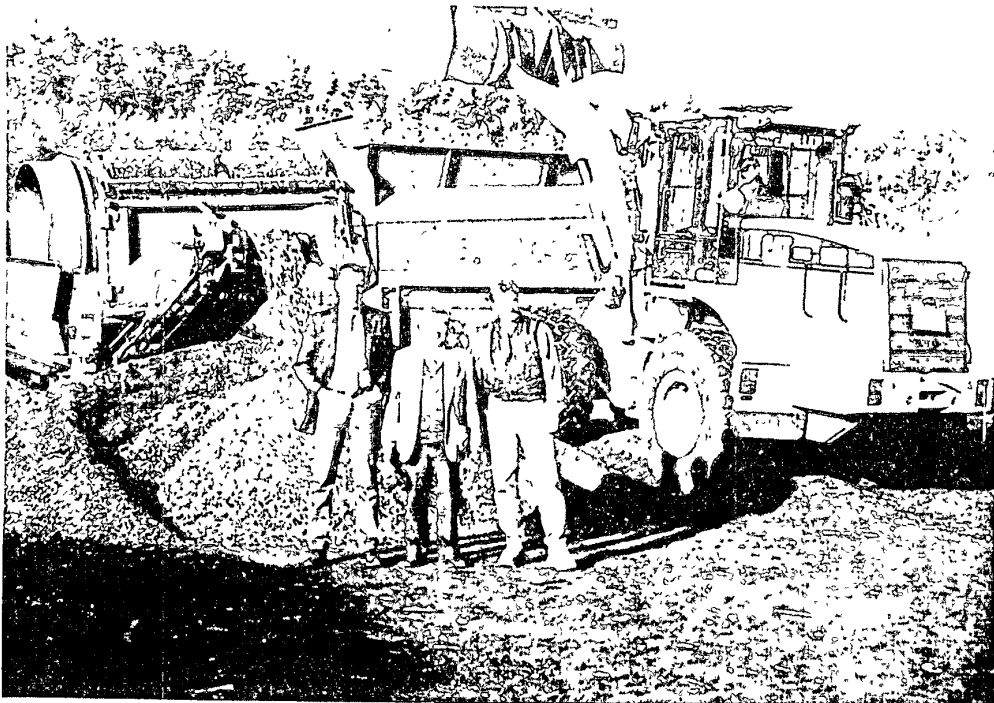
聖家堂藝術模板完成柱外觀



德國柏林附近土資場



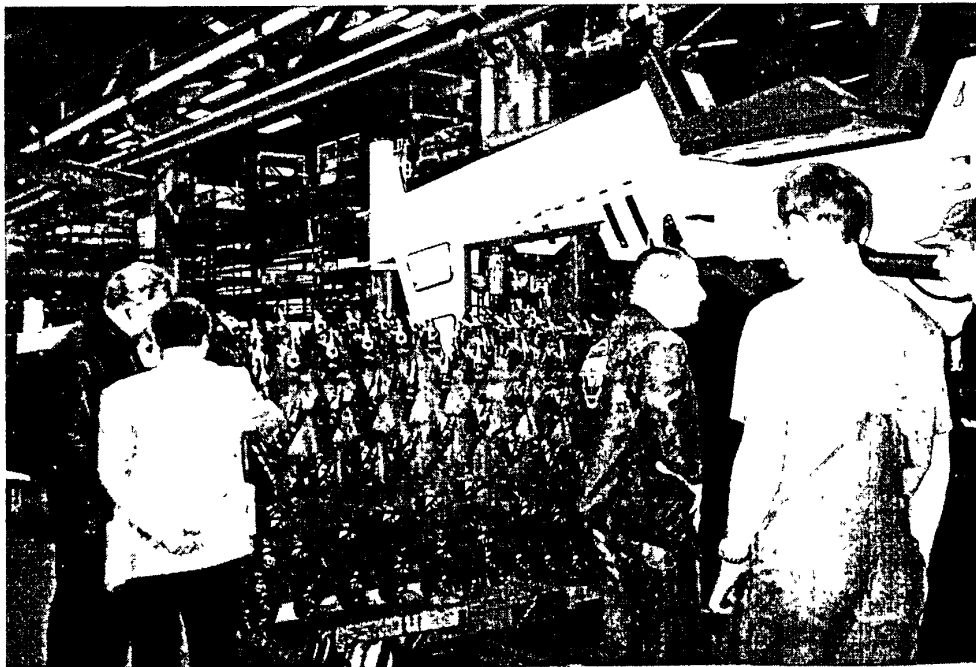
土資場未處理堆置物



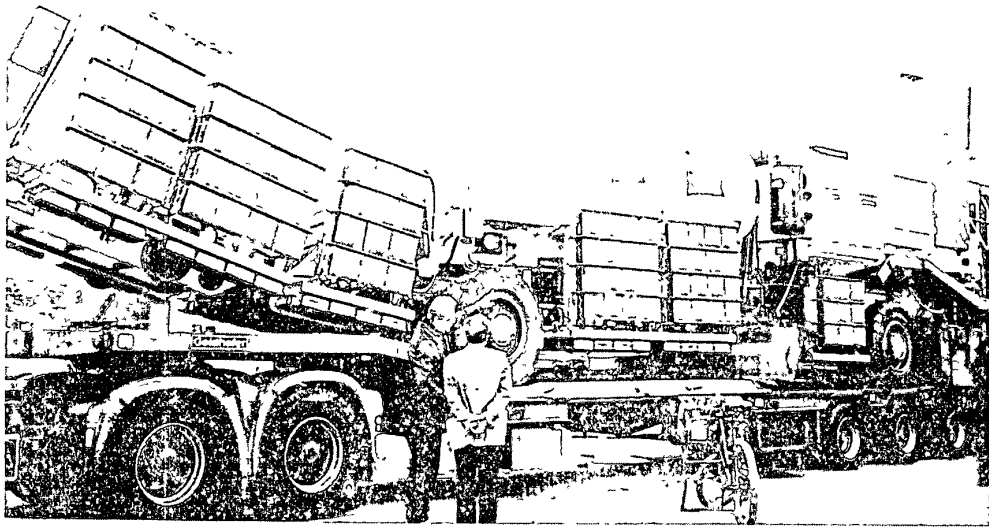
廢棄物再處理完成品



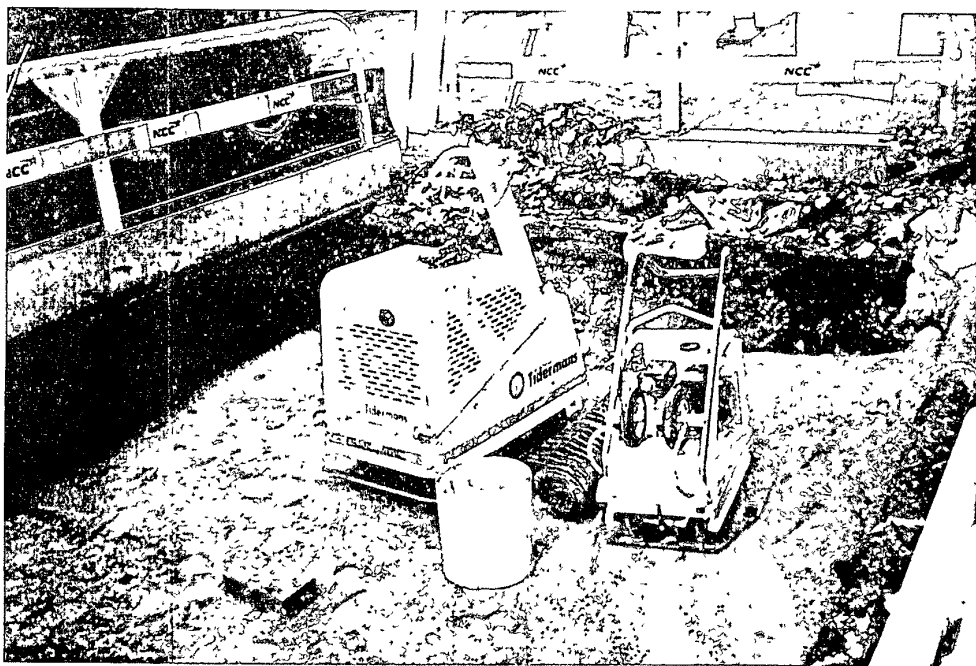
維特根科隆附近總部



細料刨除機齒輪製作與品管



最新穎 A、C 鋪裝機



小型壓路機

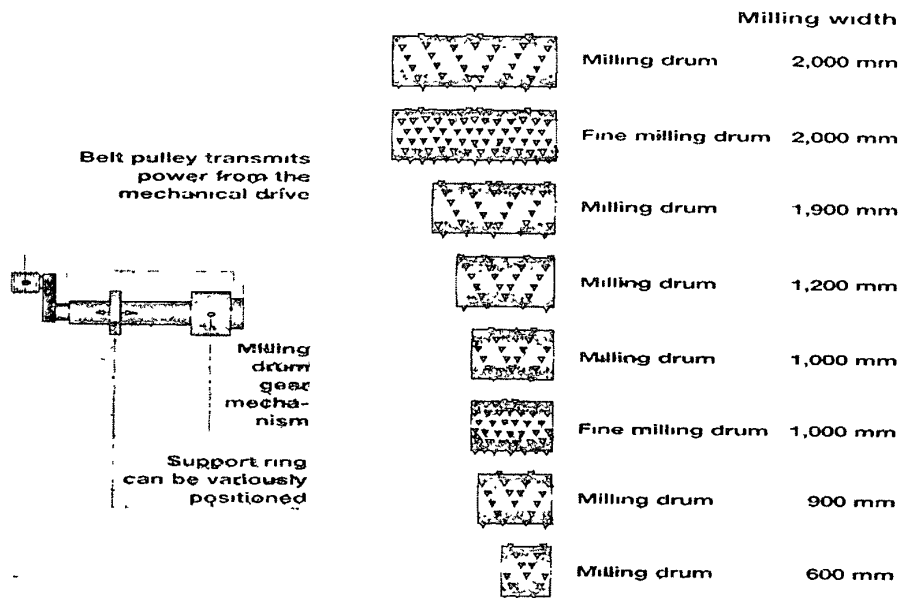


市區道路施做安全危籬



施工中廢棄物不落地

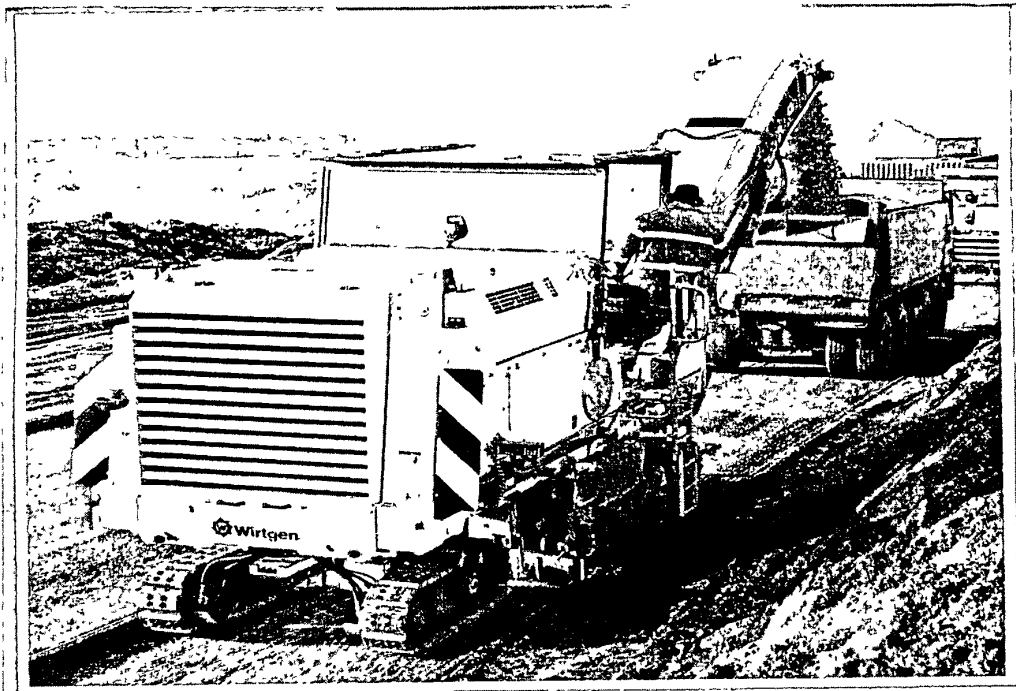
FCS milling drum for W 1900



With the Flexible Cutter System (FCS) the drum can be changed in as little as two to three hours. This enhances the versatility of the W 1900, contributing to its high economic efficiency.

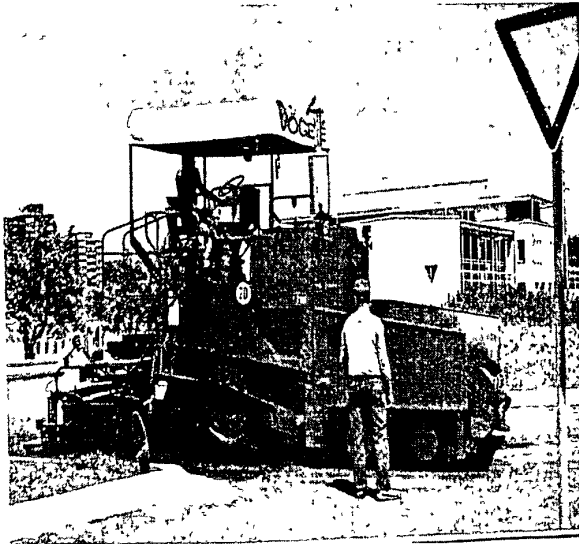


2520 DH 振动压路机



**Cold milling machines
W 1500 / W 1900**

SUPER 1600型/1603型 鋪裝機之特性



■ 除一般瀝青外，也非常適合再生瀝青、改質瀝青及石膠泥瀝青之鋪築

- 鋪寬可由2.5M至8M
- 可達高密度壓實之鋪設效果
- 易操作、保養且舒適安全之完美設計
- 高可靠性，適合長時間及高負荷量之工作
- 設計使用壽命超過10年

適用範圍大、用途多，適合鄉村道路、一般公路及高速公路鋪築瀝青