

用瀝青與柏油處理土壤 及碎石土壤基層的修築經驗

A. B. 沃爾科夫著

中央交通部公路總局譯

人民交通出版社

35
K

用瀝青與柏油處治
土壤及碎石土壤基層的修築經驗

A. B. 沃爾科夫 著
中央交通部公路總局 譯

本書主要是介紹利用有機
結合料(瀝青與柏油)在新建或
改建道路時處治土壤和碎石土
壤基層的經驗。其中對於穩定
基層的結構，填築路基的特點，
所使用的材料及其運輸方法，
施工及流水作業的組織，拌合
機的使用和材料的拌合，以及
施工檢查等均敘述頗詳。

用瀝青與柏油處治
土壤及碎石土壤基層的修築經驗

A. B. ДОЛКОВ

ОПЫТ ПОСТРОЙКИ ГРУНТОВЫХ И
ГРУНТОЩЕБЕНОЧНЫХ ОСНОВАНИЙ,
ОБРАБОТАННЫХ

БИТУМОМ И ДЕГТЯМИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОРОЖНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ГУШОСДОРА МВД СССР

МОСКВА 1952

本書根據蘇聯道路技術出版社1952年莫斯科版本譯出

陳公柔 譯 左元華 校

人民交通出版社 出版

(北京北兵馬司一號)

新華書店發行

(全國各地)

北京市印刷一廠印刷

初編者 羅宏才 複審者 郭秉誠

全書: 57420字★定價4200元

1954年8月北京第一版★1954年8月北京第一次印刷

印數: 1—3500冊

31"×43" 1/2 ★印張: 2 1/2張

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇〇六號)

111280103

目 錄

序言	1
I 穩定基層在公路修建中的意義	3
II 穩定基層的結構	6
III 修築穩定基層時填築路基的特點	9
IV 修築穩定基層所使用的材料	11
1 礦質材料	11
2 結合料	19
V 材料運輸及流水作業方向的選擇	24
VI 基地設備	26
VII 施工	23
1 用原有路面材料和部分新添加料修築穩定基層	23
a) 用移動式拌合機拌合	30
b) 用平路機拌合	33
B) 已處治材料的分佈和壓實	37
2 修築土壤穩定基層	38
VIII 技術過程及流水作業的組織	44
IX 拌合機器及其對拌合作用的作用	49
X 礦料與結合料拌合工作中個別因素的影響	56
1 拌合時礦料數量對於平路機通過趟數的影響	56
2 礦料級配的影響	58
3 礦料濕度的影響	60
4 空氣溫度的影響	61
XI 施工檢查	62
結論	65

87.353
WEK

序 言

在斯大林五年計劃的年代裏，我國人民在共產黨和蘇維埃政府的領導下，在國民經濟的各個部門中，都進行了最巨大的技術經濟的改革。

由於祖國科學和技術的改革，在蘇聯道路事業方面，也得到了反映。這些改革使我們在利用當地建築材料甚至當地土壤的情況下，也能廣泛的採用有機結合料（瀝青和柏油）來大規模地修築高級路面的公路。工作實踐中增加了：新的路面結構，新的鋪砌層和基層種類，以及新的施工方法和施工組織方法。同時生產新機器的機械製造家們所取得的成就，也大大地推動了道路工程的機械化。

蘇聯石油工業的發展，使產品的種類大為增加，其中包括各種標號的瀝青，首先是液體瀝青。

祖國科學方面的成就，使我們能夠對於礦料與結合料相互作用的各項問題作深刻的研究，從而創造出穩定而堅固的道路鋪砌層和基層。

整體機械化的推廣，流水作業法的採用，都要求重新考慮道路的各種結構，以期達到生產機械化的目的。

穩定基層就是在全部機械化基地上製造的新的路面結構的，晚近以來這種穩定基層建築的意義是愈益重大了。

這可以用基層在經濟上和技術上的優越性及與其有關的施工方法——路上拌合的優越性來說明。

穩定基層的經濟——技術上的優越性，在於它可以利用當地的建築材料，尤其是可以利用路基土壤（在新建情況下）或原有路面（改建時）。

此種結構的最大的優點是：可以不用價值昂貴的外來石料和採辦石料，也不要加工和向工地運輸。

穩定基層建築的經濟性，與路基土壤或原有路面勿須向固定基地運送而可直接就地處治是有密切關係的。這在最大程度上保證了路上

拌合法的應用。

這一工作方法的特點是：

1) 可以廣泛地利用現有的最簡單的機械(平路機, 圓盤耙等)。如在實際工作中沒有專用機器時, 我們同樣可以採用此種方法。

2) 可以而且必須按流水作業法組織工作。

3) 可在簡單機械化的情形下達到高度的工作速度和巨大的生產率。

路拌法在穩定基層建築中的推廣, 雖不算早, 但已取得了重大的成績, 而且, 這些成果, 正被各工程部門廣泛地運用着。

把積累起來的經驗總結出來, 傳授給廣大的道路工作者, 使穩定基層建築和路拌法獲得進一步的推廣——乃是這本小冊子的基本任務。

著者對於各方面的指正和給予有關問題的補充資料表示謝忱。

I 穩定基層在公路修建中的意義

在新建道路或改建原有道路時，均可修建穩定基層。

在高級鋪砌層下新建穩定基層時，通常是用結合料將路基土壤處治至需要的深度的方法來修建。這只有在具備適當的土壤時，穩定才是合理的。

在改建道路時，是用處治翻鬆原有道路面層的材料和一部分路基土壤的方法來修建穩定基層的。在新建的鋪砌層下面，如原有道路的路面不能直接利用為基層時（例如，面層需要翻修），亦可採用同樣的穩定。

爲了明確在新建的情況下穩定基層的技術經濟的優越性，把穩定基層與一般所採用的同等強度的基層加以比較是必要的。

表1所列爲各種類型基層的修建，其施工過程可以機械化（錐石基層和塊料鋪砌除外），並考慮到修建材料所必需的準備、加工及運輸工作。

從表中資料可以看出，在修建 17 公分厚的堅實碎石基層，當其砂質墊層厚度爲 15 公分和寬度爲 7 公尺時，所需的建築材料計每公里約 1800 立方公尺碎石和 1200 立方公尺砂子。

在直綫性質的道路工程中，築路材料應按修建工程對象在全綫長度上均勻分佈。但這與材料運往沿綫工地有關，如運距過大和缺乏與築路方向相符合的永久性支綫（在新建時）時，這一工作在執行上是非常繁重的。

當碎石平均遠運爲 15 公里，砂爲 5 公里時，則 1 公里道路上的運輸量等於 51671 噸公里。

當增加砂質墊層厚度達 25 公分時（在過濕地段上），運送砂的數量，幾乎每公里要增加到 2000 立方公尺，同時運輸量亦隨之增加。

當以同等強度的沒有砂質墊層的礫石基層代替碎石基層時，每 1 公里的礫石材料需要量約等於 2300 立方公尺，而修築每公里道路的運

輸量，在遠運為 15 公里時，即增高至 56305 噸公里。

研究材料運輸問題時，不應忽略鐵路的運價，因為大部分石料是沿鐵路運至工地的。例如從烏克蘭的採料場至修建中的一條幹綫，每立方公尺的石料和碎石的運價即超過 90 盧布。

在這種情況下，主要築路材料，應在當地採料場進行準備，其價格較外地運來的為低。但是有時並不可能，因為石料的準備和加工工作非常繁重，需要很大的勞動力。

從表 1 資料中可以看出，對修建各種基層所需的勞動力差數，在 1 公里的變化範圍為 84~166 人日和 23~86 機器/班。但是若同時考慮到修建的運輸工作和材料的準備及加工時，此差數即顯著的增加。在同等強度的土壤基層中，用有機結合料來穩定比較簡單的基層，可以直接在路上進行處治土壤，因此需要運輸的只是結合料。當必須使用另外運來的改善添加料才能處治路基土壤時，在這種情況下，修築穩定土壤基層是困難最小的工程。因此，穩定基層有其非常明顯的不可辯駁的優越性。這種基層的修築，自從液體結合料和路上拌合法在道路工程中實行之後，才成為可能。

這種穩定基層的優越性，不僅是與減少材料用量的費用經濟有關，而且也與大大的縮減鐵路和汽車運輸，並從根本上減少築路材料的採掘和加工所佔用的勞動力和機械的需要量有關。

雖然這種基層在各種地區及任何情況下都可採用，但是這却不是它的技術優越性。

穩定基層不可能代替透水層。因此，應根據當地的氣候和水文的條件，在必須設置透水層的地方，不要採用穩定基層。

利用原有的礫石和碎石路面作為高級鋪砌層下的基層時，總是很困難的。這是因為在厚度不均（幾乎在每個樁號上）和被染污得很厲害的舊表層上，不可能在全路綫上得到同等強度的構造。

僅僅在很厚的舊碎石路面上適當的加厚，是為了解決平衡不足的碎石厚度及砂層厚度的碎石添加料的數量。常常變換石料的添加數量，在生產場合下是很難執行的，而且在組織方面也不方便。在特別長的地段

建築各種基層的工作量 表 1

基層種類	結構		運輸量 以噸 公里計	運輸		材料準備 工作 人日	材料處治	基層建築	總計
	層的名稱 及其特性	厚度 以公尺 分計	運入材料 需要量,公 方,噸	人日	機械/班	人日	人日	機械/班	人日
碎石基層	碎石層	17	1792 2867	701	313	1192	866	59	166
第 I 種 礫石基層	砂層	15	1155 1733			703	—	—	81
	礫石層	19	1729 2853	698	312				33
第 II 種 礫石基層	砂層	15	1155 1733						
	礫石層	25	2275 3754	663	321	685	—	—	102
第 I 種 穩定基層	三層的,用8% 的鹽青處治	21	235 235	52	24	—	135	16	84
	同上,加35% 的砂	21	670 1005 235 235	165	64	101	135	16	88
第 II 種 穩定基層	同上,加25% 的礫石材料	21	478 789 235 235	192	92	143	135	16	88
第 III 種 穩定基層									

上,平均添加材料,對於經濟方面是不合算的,並且在表層厚度變化時,也不能解決基層同等強度的問題。

重建舊路面,尤其是碎石的,乃是很繁重的工程。它不僅是與鋤鬆表層和翻出路槽中的翻修材料有關,而且也與區分材料大小的過篩工作及折除污穢雜物的工作有關。此外,重建工作通常是要比加厚時所添加的新料要多的多。

穩定基層能以最小的費用和最少的新材料來解決同等強度基層的問題。鋤翻原有道路的鋪砌層,然後將路基土壤鋤鬆到需要的深度,即用路上拌合法將獲得的碎石、砂和土壤,用結合料處治,這樣在重建地段的全綫上就容易得到同一厚度的基層。這種解決辦法,顯然是很經濟的,其所有工作最好是完全機械化。

根據建築工程中的一項資料,證明1平方公尺的三層穩定基層,其厚度為21公分,連同添加材料及利用原有路面材料的價值計算在內,要比1平方公尺同等強度的碎石基層,其厚度為17公分,連同20公分的砂質墊層在內的造價低廉44.5%(1948年價格)。

必須指出,在某些情況下,不用碎石而用穩定的材料加厚原有路面是比較合算的,因為這樣可以使費用大為降低。例如,在一個建築工程中用液體瀝青處治碎石、砂和土的混合料作為穩定基層,當厚度為7公分時,每平方公尺的造價要比加厚7公分的造價少28.57%。

所有這些都充分的顯示出,穩定基層在新建和改建舊有公路上的不同的建築效果。

II 穩定基層的結構

經驗證明,穩定基層的結構將根據下列情況來決定,即在修築新路面、改建舊路面以及在多層路面中,那一層應使用穩定基層來代替。

下列各層為一般路面的特點:在路基的墊土上鋪砂層,砂層上鋪石料(礫石及其他),然後再鋪築高級鋪砌層。

在建築新路面時,曾用穩定基層代替砂層或石料基層。當砂層僅為

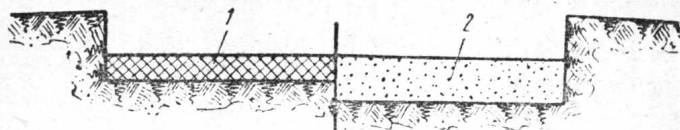


圖 1 修築穩定基層代替砂質墊層圖：

1—穩定基層； 2—砂質墊層。

傳佈路面壓力於土壤上，而不起排水作用時，可修築穩定基層以代替砂層，其厚度為6~10公分（1公分穩定基層約相當2~2.5公分砂層）（圖1）。但當砂層的排水作用應予保持和利用時，在砂層上修築穩定基層（圖2），應使它能够全部或部分的代替石料層（礫石料等），這種穩定基層的厚度為10至18公分，超出被代替的石料基層厚度約2公分。

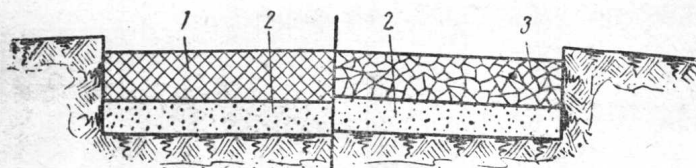


圖 2 修建穩定基層代替碎石層圖：

1—穩定基層； 2—砂質墊層； 3—碎石基層。

在不用鋪築排水層時，以及用穩定當地材料來代替遠運的昂貴石料時，則用穩定基層代替路面的砂層和石層（圖3）。這種基層厚度通常為20公分及20公分以上。

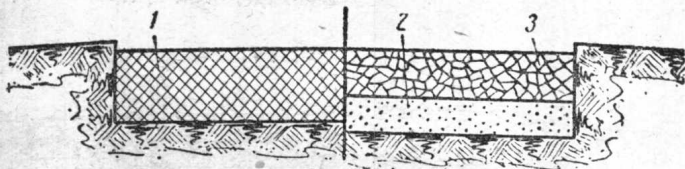


圖 3 修建穩定基層代替砂層和碎石層圖：

1—穩定基層； 2—砂質墊層； 3—碎石基層。

當改建原有路面時，可以在不同的情況下，採用穩定基層。例如，在

單層瀝青混凝土的下面，僅利用原有路面（通常為碎石路面）的上層修建穩定基層，以便修整原有路面的斷面和清理不平整處，並使用結合料而聯結成為整體（圖4）。

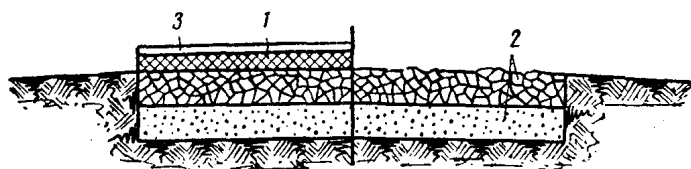


圖4 利用原有路面的上部修建穩定基層圖：

1—穩定基層；2—原有路面；3—鋪砌層。

在許多情況下，為了加固原有路面，在高級鋪砌層的下面以當地材料在原有路面的上面，修建穩定基層（圖5）。

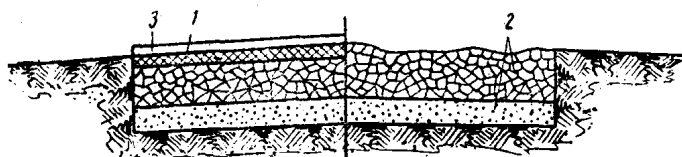


圖5 加厚原有路面修築穩定基層圖：

1—穩定基層；2—原有路面；3—鋪砌層。

穩定基層的修築，也可能代替原有路面，並全部利用原有路面的材料：碎石、砂以及部分的路基土壤（圖6）。在原有路面厚度不足，強度不均，保留原有路面無意義，而且又無必要鋪築排水層的情況下，則採用這種辦法。

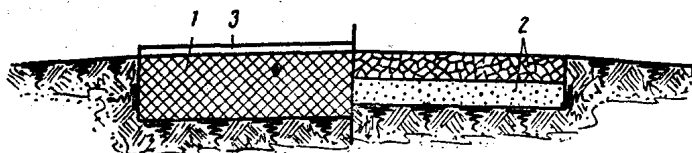


圖6 原有路面全部改建為穩定基層圖：

1—穩定基層；2—原有路面；3—鋪砌層。

穩定基層，視其厚度而築成單層或數層。當必須加厚原有路面或穩定原有路面的上層時，穩定基層應築成單層。當全部改建原有路面時，穩定基層應分數層建築。

當修築新路時，單層的穩定基層厚度不超過 7~8 公分（實際上用於代替砂質基層）。當厚度較大並使用機械操作方法時，應分數層鋪築穩定基層。

III 修築穩定基層時填築路基的特點

修築路基，主要的是用當地土壤，此種土壤是從邊溝或邊溝取土坑中取出的，只有在道路的個別地段上——在大的填方上——則用道路以外的取土坑中的土壤。

當修築穩定土壤基層時，必須仔細研究將用以修築路基的公路沿綫土壤，特別是對於從地下層挖出的與表面上的土壤交錯的地方，更應仔細研究。

當測量時，對土壤應作仔細的研究，以便在必要時將路基上部難以處治的土壤，與比較容易處治的土壤更換，特別是在範圍不大的地段上，此種更換尤易實現。

在不填挖和填方路基上，通常填成全填或半填式的路肩的路基。填築路肩是在填好路基和壓實以後的情況下進行。全填式路肩的路基高度在填築路肩之前，應較設計高度為低，其高差為路槽的深度（圖 7）。

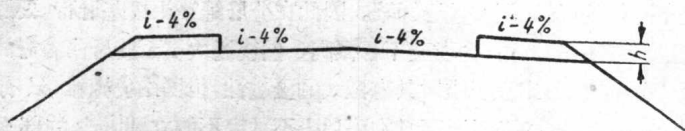


圖 7 全填式路肩的路基橫斷面圖

h —全填路肩高度（等於砂層，石料基層和鋪砌層的路槽深度）

當用路基的土壤建築穩定基層時，以半填式路肩來修築是不適宜的，因為在修築基層以前所填築的半填式路肩，可能在修築基層時被嚴

重的損壞。因此當修築路基時，建議鋪築全填式路肩。在這種情況下，路基的高度（無路肩的）應較設計標高為低，其低度為穩定基層上面所鋪築的路面厚度，並考慮到基層和路肩的坡度差（圖 8）。如以土壤穩定基層代替砂墊層，則填築路基時，應較設計標高為低，其高差為石料基層厚度加鋪砌層厚度（圖 8, a）。如穩定的土壤代替砂層並且代替石料基層時，則填築路基時，應較設計標高低於鋪砌層的厚度（圖 8, б）。

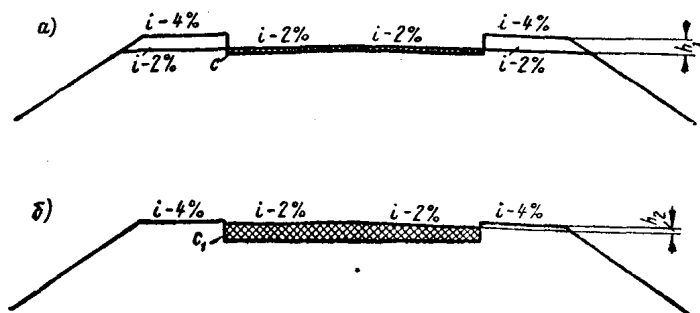


圖 8 為不同情況修築穩定基層的全填式路肩的路基橫斷面圖：

h_1 為全填式路肩的高度（等於石料基層和鋪砌層連同坡度差校正數的路槽深度）； C 為代替砂墊層的穩定土壤層； h_2 為全填式路肩的高度（等於有坡度差校正數的路槽深度）； C_1 為代替砂墊層和石料基層的穩定土壤層。

鑒於這種穩定基層的厚度太大，將所需要的土壤數量，在一次處治是不可能的，故必須按數層鋪築。因此在分層鋪築土壤基層時，要逐漸的進行填築路基，首先填至下層標高，然後逐次填至基層內各層的高度。這樣的土方工程組織雖具有極大的優越性，但因過於複雜，只有在不大的地段上才有可能；而且在路肩上不堆取不能立即處治的部分土壤。這是最能減少準備工作中所佔用的機械需要量的。此外，當路面的寬度不大——小於 6 公尺，並使用平路機在狹窄的路槽中進行拌合土壤與結合料時，工作效果是不大的。但在某些情況下，可以將路槽加寬至 6 公尺，以便保證 ГТ-12 型平路機能從路槽中綫向兩邊靈活的移動

所處治的土壤。只有在路肩高度不超出被處治層的厚度和在路肩上不堆積材料時，這樣的加寬路槽才容易實現。

路基的準備程度，乃是建築土壤穩定基層最重要的工作。土方工程的特點是在同一公里範圍內其數量可能變化很大，在全路線上的變化就更不必說了。因此，組織路基的修築，使土方工程竣工時不妨得展開修築基層，和不降低工程速度，是非常重要的。

特別是在未竣工而有大量土方工程的橋涵地點可能有很大的麻煩。有時必須留出這種地段，俟該地段上土方工程竣工時再鋪築基層和鋪砌層。這將打亂工作的正確進行及其節奏，降低工作速度，引起機器不必要的調動，因而造成不協調的現象，和妨碍沿所修築地段內交通的開放及利用交通工具來壓實所築的基層。

IV 修築穩定基層所使用的材料

1 礦 質 材 料

修築穩定基層的礦質材料，是採用土壤礫石材料、山礫石、爐渣、泥灰石、軟岩石、舊路面的材料等。

從土壤中可以利用細砂、砂質壤母、輕粘土質壤母、粉砂土。只有在結構方面有差別(黑土)時才利用重粘土質壤母和粘土。在結構方面無差別的土壤是難以處治的，故不推薦採用這類土壤來修築穩定基層。對於土壤的要求列於表 2 中。

經驗證明，處治骨粒的土壤如砂質壤母或砂-粘土(最好的混合物)可得到最好的結果，此類土壤在含水飽和的狀態下，幾乎不會降低強度，因此不僅在修築基層時利用，而且在修築鋪砌層時也可利用。

天然的築路性能不良的粉砂土，是完全適於處治的。這種粉砂土容易翻鬆，故處治起來很便利。經處治後的粉砂土，雖然在含水飽和狀態中，其承载力比骨粒的土壤要低一些，但是經過改善了原有性能以後，就具有足夠的結合性和承載能力。

利用細顆粒砂土修築穩定基層也是完全可能的。但經處治後，其結合性並不高，在這種情況下，如需提高其結合性時，建議用添加料將其改善。用輕的和粉砂質粘土壩母作為添加料最為適合。

處治中等的和重的粘土質壩母及粘土，甚至在結構方面有差別的粘土時，是相當複雜的：如翻鬆困難，拌合時會產生土團。對這類土壤的處治需要較多的結合料，且處治後的混合物較之用較輕的土壤所得的質量為低。

根據 А.И. 呂西希納的資料^①，用 20% 粘滯度為 C_{50}^{20} 的液體瀝青所處理的別達諾傑姆亞諾夫斯克的黑土試件，產生的膨脹率為 1.52%，也就是說比加入 7% 同樣瀝青的魯勃列夫斯克砂質壩母多兩倍，並指出在含水飽和狀態中強度降低 36%。

適於修築穩定基層的土壤特性 表 2

組 號	土 壤 名 稱	小於 0.074 公釐的 微粒含 量以% 計	粘土 含量 以%計	塑性 指數	最佳含水量 以%計	結合料最 佳數量 以%計
I	砂，細顆粒砂質壩母	15~25	小於 5	5	1.5~3.0	2.0~5.0
II	細顆粒砂，粉砂，砂 質壩母	26~60	5	5	2.0~4.0	5.0~7.0
III	砂質壩母及粉砂土	25~60	5~12	10	4.0~2.0	6.0~9.0
IV	粉砂土	>60	5~12	10		
	粘土質壩母	>25	12~25	15	5.0~8.0	7.0~10
V	重粘土質壩母和粘 土（僅腐植土層）	>50	15~40	30	8~12.0	10.0~15.0

當以 № 3 項土壤（表 3）處治粉砂土並與液體瀝青拌合時，如所處治的材料體積為 700 立方公尺/公里，則需 № 12 平路機循環攪拌 40~60

① А.И. 呂西希納：「次高級道路」，表 35，道路出版社 1950 年出版。

次。如屬粘性土壤，攪拌次數應增加至 60~80 次，但含有 15~20% 粘土的粘土質壙母則達 100 次。遇下雨並引起粘土質壙母土壤過度潮濕時，則不應同時攪拌全部材料的體積，而改為分段攪拌。同時由於材料所形成的土塊和土團很大，不得不於使用平路機拌合的同時，還要使用圓盤耙進行耙鬆，當該耙通過拌合料時，即將土塊和土團耙碎，因而顯著地增加平路機的生產量。

用各種土壤處治的土壤的特性列於表 3 中，從該表中可以看出，當以 №5 項土壤處治平均含有 18% 粘土壙母的土壤時，需要加入 12~13% 液體瀝青。摻入 30~35% 當地的砂便使瀝青的含量減低至 8%。在同樣土壤的另一地段上也有同樣的情形：向平均含有 15% 粘土的粉砂質粘土壙母中摻入 20% 砂質添加料，能使結合料的數量從 10~11% 降到 8%。

除了處治當地土壤或預先用添加料改善當地土壤外，尚可完全用外來土壤修築處治基層。例如，在個別地段上，由於 №6 項土壤含有鹽份以致不可能處治，則應將適於處治的無鹽份土壤預先運至路綫上。

用 №2 及 №4 項的土壤來處治土壤時，為照顧到組織程序，應在靠近重建地段的取土坑中進行，已處治好的土壤從取土坑內送入已準備好的路槽中，作為修築基層之用。

當以 №1 項的土壤在某段上新修建時，由於該段路基土方工程量很大，修築基層的機械工作隊到達時，如路基尚未竣工，在這種情況下，土壤的處治也可在取土坑旁進行，用這種土壤鋪築的基層是在土方工程竣工後築好的。這種工作的優點是能够在靠近鋪築土壤處，預先進行處治土壤，並與該土壤向基層內鋪築的時間無關，也就是與修築路基以及在該地段上的其他工程無關。

當改建原有道路，以及利用原有路面材料修築穩定基層時，可能遇到同樣的情況，就是：處治原有路面的材料時須局部地摻入新的材料，並且最後建築處治基層要全部用新料。

原有路面的狀況和重建地段的土壤-水文條件，是選擇某一方案時的決定因素。