

公路工程學

下 冊

方 左 英 著

中國科學圖書儀器公司

出 版

公路工程學

下 冊

方 左 英 著

中國科學圖書儀器公司

出 版

目 錄

第十二章 級配路面	387-442
〔12—1〕 級配路面之原理.....	387
〔12—2〕 路面應具之性能與設計標準.....	388
〔12—3〕 理想級配理論.....	395
〔12—4〕 級配材料配合方法之一(三角形圖解法).....	405
〔12—5〕 級配材料配合方法之二(塑性指數法).....	414
〔12—6〕 級配材料配合方法之三(正座標圖解法).....	419
〔12—7〕 級配材料配合方法之四(薩爾氏圖解法).....	427
〔12—8〕 級配材料配合方法之五(試探差誤法).....	430
〔12—9〕 材料用量計算.....	431
〔12—10〕 級配石沙路面之備料方法.....	434
〔12—11〕 級配石沙路面之鋪築程序.....	438
第十三章 穩定路面	443-501
〔13—1〕 土壤穩定之理論.....	443
〔13—2〕 水泥穩定土壤路面.....	451
〔13—3〕 乳化瀝青穩定土壤路面.....	466
〔13—4〕 輕製瀝青穩定土壤路面.....	478
〔13—5〕 柏油穩定土壤路面.....	489
〔13—6〕 氯化鈣氯化鈉穩定土壤路面.....	493
〔13—7〕 其他化學物(桐油或石灰)穩定土壤路面.....	500

第十四章 混凝土路面	502-544
〔14—1〕 路面設計之影響因素	502
〔14—2〕 混凝土材料之品質	506
〔14—3〕 縱向接縫設計	508
〔14—4〕 收縮縫設計	509
〔14—5〕 膨脹縫設計	513
〔14—6〕 混凝土路面厚度設計	518
〔14—7〕 鋼筋設計	526
〔14—8〕 接縫桿及繫桿	529
〔14—9〕 混凝土材料之配合及用量計算	530
〔14—10〕 混凝土路面之鋪築	534
〔14—11〕 混凝土路面之養護	541
第十五章 片瀝青及瀝青混凝土路面	545-578
〔15—1〕 片瀝青及瀝青混凝土之力學分析	547
〔15—2〕 片瀝青路面	553
〔15—3〕 瀝青混凝土路面	558
〔15—4〕 混合物之配合	564
〔15—5〕 瀝青混合物之準備	565
〔15—6〕 瀝青底層及磨耗層之鋪築	571
〔15—7〕 沙瀝青路面	574
〔15—8〕 冷鋪瀝青混合物	576
〔15—9〕 養護	577
第十六章 石瀝青路面	579-581
第十七章 塊式路面	582-601

80 [17—1] 磚塊路面	583
80 [17—2] 石塊路面	591
80 [17—3] 瀝青塊路面	595
80 [17—4] 木塊路面	598
80 [17—5] 橡膠塊路面	600
81 [17—6] 鐵塊路面	601
第十八章 沮洳地築路法	602-624
80 [18—1] 浮式填土法	603
80 [18—2] 挖除調換填土法	606
[18—3] 水壓調換填土法	610
[18—4] 爆炸調換填土法	613
[18—5] 軟土層探測法	617
[18—6] 沮洳地之排水	620
第十九章 公路交叉及附屬建築物	625-645
[19—1] 公路交叉	625
[19—2] 交叉路口最短視距	632
[19—3] 公路與鐵路交叉	642
[19—4] 公路附屬建築物	643
第二十章 行車安全與駕駛須知	646-678
[20—1] 車禍問題之發生	646
[20—2] 交通規則	648
[20—3] 交通標號誌	657
[20—4] 安全駕駛之方法	662
[20—5] 維護車輛待用狀態之方法	666

[20—6]	維護交通安全之措施	669
第二十一章	公路與街道之養護	679-694
[21—1]	養護工作	680
[21—2]	積雪之清除	684
[21—3]	養路組織	693
第二十二章	公路經濟	695-713
[22—1]	公路之用費	695
[22—2]	公路狀況與行車經濟	703
[22—3]	公路坡度與耗油量之關係	708

第十二章

級配路面

—機械穩定法—

級配路面，係屬新興公路技術之一種。因能處處利用本地材料，符合“就地取材”之義，故造價較其他各種路面為廉，成績較其他低級路面為優。年來不特在各國已風行採用，在我國之西蘭公路（西安至蘭州）、樂西公路（樂山至西昌）及成渝公路（成都至重慶），亦分別於1938及1940年最先建築之，成績甚優，較之常用之泥結碎石路面，確勝一籌。

如能採用機械，此等路面之建築，必可更易於施行。茲將級配路面之（一）原理，（二）材料配合標準，（三）理想級配理論，（四）材料配合各種方法，（五）材料用量，（六）備料方法，（七）施工步驟，分別述之如后。

〔12-1〕級配路面之原理

級配路面，乃穩定土壤路面之一種。穩定土壤路面之穩定法有二：一為機械穩定法；一為化學穩定法。關於化學穩定法，此間暫不置論，由下章敘述之。至於機械穩定法，即級配路面據以建築之方法。何謂機械穩定法？所謂機械穩定法者，乃使材料之粗細、多寡，均按一定之級配配合。所謂粗細應有級配者，即言材料不應大

小一致，而應粗中有細，細料塞於粗料之間，結合料又塞於細料之間，使配合後其空隙減至最小，密度最大，以獲致最佳之穩定性能。又所謂成份多寡亦應有級配者，即言粗料、細料及結合料之成份，應各有一定之標準規定，不能過多，亦勿太少；必如此，而後可以使空隙減至最小，密度最大，以獲致最佳之穩定性能。

粗料與細料，所以發生內磨擦力，結合料所以發揮膠黏力。又所謂穩定者，即使上述二力可以充分發揮之謂。因之，建築時必須使之達至最好含水量，並設法維持此一含水量而不變。然因氣候之變化，足以影響水份之增減，必要時得摻入化學穩定劑，與級配材料拌合，增其穩定性。

是故，級配路面之構造、配合與設計所根據之原理有五：

一、混合料中須含有適量富有內磨擦力之石沙材料，足以抵抗車輛之碾壓與衝擊。

二、混合料中須含有適量富有黏性之土壤結合料，將石沙料黏結，以免路面鬆碎。

三、混合料須粗細級配優良，使其中空隙減至最小，密度最大。

四、混合料須壓實至可能之最大密度，以減少其透水性（建築時可用羊蹄路滾滾壓）。

五、混合料應有適當含水量（即應達至最好含水量）；如因氣候或土質之影響，必要時得摻入化學穩定劑，如瀝青類、油類、鹽類或水泥石灰等。

[12-2] 路面應具之性能與設計標準

(一) 面層與底層 設計之標準，完全依據路面應具之性能規定

之。路面有面層與底層之區別，故其性能亦異。尋常面層與底層所用之材料約略如下：

面層：一、礫石、碎石、天然沙土、沙土或石沙土混合物。

二、薄層瀝青路面(厚 2-5 公分)。

三、厚層柔性路面。

四、剛性路面。

底層：穩定性土壤或大塊石(厚 8-60 公分)。

(二)面層與底層應具之性能 級配路面應具之性能如下：

級配面層應具之性能有四：

一、穩定性須佳。

二、能抵抗車輛之磨蝕。

三、密度須大——每立方公尺 2-2.4 公噸(125-150 磅/立方呎)。

四、有適當毛細管作用，以維持路面之含水量(用粘土)；亦即使毛細管水上升量等於路面蒸發量。

級配底層應具之性能有三：

一、穩定性須佳。

二、滾壓須堅實——壓實後之密度每立方公尺 1.6—1.75 公噸(100-110 磅/立方呎)。

三、粘土成份不重要。

級配土壤混合料，可用作面層或磨耗層，亦可用作底層；因用途之不同，故應具之性能亦異。

(A)面層應具之性能(圖 12-1)——面層或磨耗層應具之性能有四：第一、穩定性須佳，使能支承载重而無變形現象；第二、須能抵抗車輛之磨蝕；第三、須能於降雨時阻止雨水之侵入，以免影響

面層之穩定性及使路基鬆軟；第四、須具有適當之毛細管作用，能於面層水份蒸發後，復能吸收水份，保持適度含水量，使土壤顆粒能藉水膜張力，相互黏結。以上四種性能，必以有大密度時獲致之。

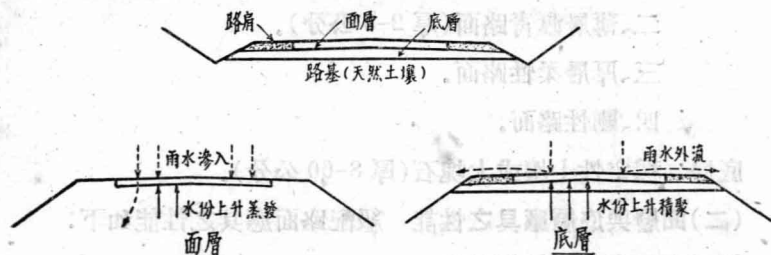


圖 12-1 面層及底層之性能

由此觀之，密度大，乃為面層之必要條件。蓋密度大，結合密實，即能具有強大之穩定性，能抵抗車輛之磨蝕，能阻止雨水之侵入，復能藉毛細管作用彌補水份之蒸發，以維持均一之含水量。根據實地經驗，粒狀混合料，如含有適量粘土，能倍增其密度，且於施工時易於壓實。壓實完畢，混合料可黏合成為堅硬密實之物體，雖在潮濕氣候中，亦不易鬆解。但如粘土含量過多，易有膨脹與收縮現象，且易聚集於表面，化為塵埃而散失。

(B)底層應具之性能——底層應具之性能有三：第一、穩定性須佳與面層同，俾可支承車輛載重；第二、須滾壓堅實；第三、粘土成份並不重要。

底層與面層，其性能區別之點，即抵抗磨蝕、防水及毛細管作用三者。車輛磨蝕，已由面層承受，降雨水份，又由面層在上隔截，故底層無須具抵抗磨蝕與防水兩種性能。亦因上有面層遮閉，毛細管水份上升，只有積聚於底層內無法蒸發，直至上升達至平衡狀態而後止，對於底層有害而無利，故底層又無須具毛細管性能。因底

層無須具抵抗磨蝕、防水及毛細管作用三種性能，故密度之大小，對於底層並不重要，只不過用以指示穩定性而已。

實用之最大密度，在一定之材料中極為重要，故須確實壓實至最大密度後，始能鋪設面層或磨耗層。苟不如此，至易因滾壓或車輛不均勻之輾壓，而致路面破裂。

由此觀之，底層與面層，既有上述之區別，故粘土對於底層材料，毫無價值可言。如底層之粘土含量過多，或粘土之活動性過大，則在面層鋪設之後，影響至鉅。其一、因蒸發作用既已遮截，上升之毛細管水，將包圍粘土之四周，此種潮濕粘土，在粒料間成爲一種潤滑物，減少底層之穩定性；其二、潮濕粘土之含量增加，將在面層或磨耗層之下，聚而向上，成爲一粘土層，結果使面層與底層分離。

面層與底層之共同要求，只有一點，即穩定性。除此之外，因職責不同，其應具之性能各異。根據此種重大之差別，乃有面層與底層兩種設計之標準法規。大體言之，兩項適用材料之種類及級配相似，惟有數項重要區別，均載明於此類法規之中者，如面層材料之塵土比、⁽¹⁾液性限度及塑性指數，均較底層爲大，即其實例（見下段設計標準規定）。

(三)設計標準 級配路面，不外由三種材料組成：(一)粗料，直徑在 10 號篩至 1 吋或 2 吋之間；(二)細料，直徑在 10 至 200 號篩之間；(三)結合料，直徑在 200 號篩以下。又因材料組合之不同，分爲三種：(一)沙土⁽²⁾路面，由細料及結合料組成之；(二)級配石沙⁽³⁾路面，由粗料、細料及結合料組成之；(三)級配石屑⁽⁴⁾路面，亦

(1) dust ratio (2) sandy clay mortar

(3) coarse graded aggregate (4) crushed material

由粗料、細料及結合料組成之，只材料之大小略異。

沙土材料，如天然已合乎級配者，稱曰天然沙土。級配石沙，其構造即沙土加礫石，適用於礫、沙產源豐富之處，如河灘、礫坑、礫岸等。級配石屑，其構造即沙土加石屑，適用於石山開山與沙料豐富之處。以經濟立場言，前二者應用較廣，而後者次之。然亦有以碎石代替礫石，或以礫渣、熔渣代替礫石或碎石者。但必以就地取材，方能經濟省費。

茲將級配路面設計之標準規定錄述如下：

一、級配路面種類：

A組：沙土。

B組：級配石沙。

C組：級配石屑。

二、材料品質：

A組：沙土——所用材料，為天然或人工配合之沙土，由粘土或土壤結合料與礫粒、沙或其他合乎級配規定之材料配合之。停留於4號篩之粒料，應堅韌而不含破壞性之雜質。

B組：級配石沙——所用材料，為天然或人工配合之級配材料，由礫石、碎石或熔渣等粗料與土壤沙漿⁽¹⁾配合之(註1)。

其中礫石、碎石或熔渣，應潔淨、堅韌而不含有機物及有害物質。其堅韌度，須能抵抗風化及車輛之磨蝕與壓軋。他如受凍結、溶解及一乾一濕等風化作用影響之頁岩⁽²⁾或同性質之材料，則不得使用。

(註1) 土壤沙漿，指通過10號篩材料，由細料及結合料組成。

(1) soil mortar (2) shale

C組：級配石屑——所用材料為礫石、碎石或熔渣等之碎屑，或沙子，或其他合乎規定之混合物；並以質地堅韌不含雜質而粗細級配均勻者為合格。

三、成份規定——所用材料，須合乎表(12-1)至表(12-4)之規定。

A組：沙土

表 (12-1)

通過篩號	孔 徑 (公厘)	通 過 百 分 率*	
		面 層	底 層
1 吋	25.4	100	100
10 號	2.0	65—100	65—100

通過 10 號篩材料，其級配須合乎以下規定：

10 號	2.0	100	100
20 號	0.84	55—90	55—90
40 號(A)	0.42	35—70	35—70
200 號(B)	0.074	8—25	8—25

B組：級配石沙

表 (12-2)

通過篩號	孔 徑 (公厘)	通 過 百 分 率		
		面 層	底 層	
2 吋	50.8			100
1½ 吋	38.1			70—100
1 吋	25.4	100	100	55—85
¾ 吋	19.1	85—100	70—100	50—80
¾ 吋	9.52	65—100	50—80	40—70
4 號	4.76	55—85	35—65	30—60
10 號	2.00	40—70	25—50	20—50
40 號(A)	0.42	25—45	15—30	10—30
200 號(B)	0.074	10—25	5—15	5—15

* 百分率按重量計。

C組：級配石屑

表 (12-3)

通過篩號	孔 徑 (公厘)	通 過 百 分 率	
		面 層	底 層
$\frac{3}{4}$ 吋	19.1	100	100
4 號	4.76	70—100	70—100
10 號	2.00	35—80	35—80
40 號 (A)	0.42	25—50	25—50
200 號 (B)	0.074	8—25	8—25

以上各組材料之塵土比、液性限度及塑性指數，均不得超過以下規定之數值：

表 (12-4)

名 稱	最 大 值	
	面 層	底 層
塵土比 (B/A)	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$
液 性 限 度	35	25
塑 性 指 數	4—9	6

塵土比，為通過 200 號篩材料與通過 40 號篩材料之比值。液性限度與塑性指數，則以通過 40 號篩材料作試驗求得之。

(甲)如用作面層：塵土比不得大於 $\frac{2}{3}$ ；通過 40 號篩之細壤⁽¹⁾(註 1)，其液性限度不得大於 35，塑性指數通常在 4—9 之間。塑性指數小於 4 者，僅能用於多雨地帶；4 至 9 者，用於普通雨量地帶；9 至 15 者，僅能用於乾燥地帶；超過 15 者，其土壤將不適於此項建築。至

(註 1) 細壤，指通過 40 號篩材料，由較細之細料及結合料組成。

(1) soil fines

於土內是否含有雲母、矽藻、煤泥及其他有機物，當視其液性限度是否大於下式算出之數值為定：

$$L.L. = 1.6 P.I. + 14 \quad \text{式(12-1)}$$

L.L. 表示液性限度，P.I. 表示塑性指數。如實際液性限度大於上式算出之數值，即表示有此等物質之存在。超過愈大，即含此項物質愈多，土壤結合料將作羊毛狀或海棉狀，而毛細管作用愈烈。故液性限度規定不得大於 35。

(乙)如用作底層：塵土比不得大於 $\frac{1}{2}$ ；通過 40 號篩之細壤，其液性限度不得大於 25，塑性指數不得大於 6。其通過 200 號篩之材料，應為 0-25%。

總言之，良好級配材料，具有較低而適度之塑性指數者，較之於級配相同而絕無塑性指數之材料為優，較塑性指數極高之材料自然更佳。

又在某種情況下，粗料之最大直徑，亦可略較規定之最大值為大。但無論如何，此等材料不得多過百分之 10，其直徑不得超過路面層或底層厚度三分之一。

[12-3]理想級配理論

級配混合料之成份，與密度有極密切之關係，已詳言於前。欲獲致最大密度，則顆粒間之空隙，必須減至最小。然大小顆粒之份量應如何分配，始可達到最大密度之目的，此乃理想級配理論之所由來。其較著者有三：

-
- (1) Fuller's ideal grading curve

一、富勒氏理想級配曲線⁽¹⁾。二、韋毛氏顆粒衝突理論⁽¹⁾。三、泰波氏公式⁽²⁾。

(一)富勒氏理想級配曲線 1901 年富勒⁽³⁾氏經無數次試驗，得一極有價值之定論曰：“級配曲線愈近拋物線時，則其密度愈大”。故以拋物線形為理想中最佳之級配曲線，定名曰富勒氏理想曲線。該拋物線之公式如下：

$$y^2 = cx \quad \text{式(12-2)}$$

上式 y = 通過各種篩網之顆粒百分率(%)。

x = 每種篩孔之大小(以公厘計)。

c = 係數。

今設所用之篩號為 $\frac{3}{8}$ 吋、 $\frac{1}{2}$ 吋、4 號、8 號、16 號、30 號、50 號、100 號、200 號等篩。每種篩號之孔徑等於前一篩號之半。如是，最大直徑為 $\frac{3}{8}$ 吋(即 19.1 公厘)，通過 $\frac{3}{8}$ 吋篩為 100%，即

$$y = 100(\%),$$

$$x = 19.1 \text{ (公厘)}.$$

代入上式，即得

$$c = \frac{100 \times 100}{19.1} = 523$$

故 $y^2 = 523 x$

并計算得通過各篩號之百分率如表(12-5)第 III 項。

(1) Weymouth's theory of particle interference

(2) Talbot formula

(3) W.B. Fuller

表 (12-5) 理 想 級 配

I	II	III	IV	V		
通過篩號	孔 徑 (公厘)	富勒氏公式	泰波氏公式 $n=0.5$	韋 毛 氏 公 式(註)		
		通過百分率 %	通過百分率 %	可用空間 絕對容積	顆粒所能佔據 之絕對容積	通過百分率 %
				V	0.296 V	
$\frac{3}{4}$ 吋	19.1	100	100	1	0.296	100
$\frac{3}{8}$ 吋	9.52	70.5	70.5	0.704	0.209	70.4
4 號	4.76	49.8	49.8	0.495	0.147	49.5
8 號	2.38	35.3	35.3	0.348	0.103	34.8
16 號	1.19	25.0	25.0	0.245	0.072	24.5
30 號	0.59	17.6	17.6	0.173	0.051	17.3
50 號	0.297	12.5	12.5	0.122	0.036	12.2
100 號	0.149	8.8	8.8	0.086	0.025	8.6
200 號	0.074	6.1	6.1	0.061	0.018	6.1

註：1-0.296=0.704, $0.704 \times 0.296=0.209$, $0.704 \times 100\%=70.4\%$

韋毛氏公式雖以容積計算百分率，其實與以重量計算百分率相同，因材料之比重相同。

由表 (12-5) 第 III 項各數值，可用半對數格紙繪一曲線如圖 12-2。此曲線即為 $\frac{3}{4}$ 吋以下材料之理想級配曲線。

富勒氏改正級配曲線——富勒氏後於 1904-1905 年再行試驗，認為拋物線之級配，所含粗沙與石屑略嫌過少，乃稱曰：“理想之級配曲線，乃為橢圓形與直線相接。沙料部份屬橢圓形曲線，石料部份為直線（見圖 12-3）。橢圓形之始點與縱座標相切於 7% 處（即通過 200 號篩材料最少 7%），然後達於直徑約等於最大直徑十分之一處 ($D/10$)，以切線以達最大直徑為 D 、通過成份為 100% 之點”。