

近世道路工程學

袁汝誠著

中華學藝社

學藝文庫



中華書局印行

近世道路工程學

袁汝誠著

中華書局印行

題袁汝誠所著近世道路工程學

道路有關於國家之軍事政治與文化，夫人而知矣。故總理建國綱要，謂一邑之訓政是否完成，卽以四境之道路有無相當之建築爲先備條件之一。願吾國人士素缺乏道路知識，值此百廢待舉之際，欲於最短期間，採用最經濟之方法，以達於完善之建設，不亦憂憂乎難哉。友人袁君汝誠，才志之士也，嘗遊學東瀛，十餘年間潛心於土木工程學。返國後，初任京市政府工務局計劃主任，繼調爲財政局測量隊隊長，均著成績，近更於工作之餘，以其學歷所得，而著有近世道路工程學一書以餉國人。內容分爲二十七章，闡述道路之精奧，至爲詳盡，取材頗新，更屬此書之特色。茲當付印之初，乃以稿見示，並囑爲序言，用載卷首。余慕袁君才學之淵博，復感於道路建築有關於國計民生之重要，又烏能已於言也，是爲序。

民國二十二年四月

張靜愚

序

中國目前最迫切之需要，莫重於建設，建設之道，頭緒萬端，而發展交通，實爲要着。道路爲交通工具之一，其功用超軼乎郵電航船，故發展交通，尤當以修築道路爲前提。我國交通向不便利，道路之修築，亦僅具雛形。如主要國道，各省省道，各縣縣道，以至各鄉鄉道，無不急待修築。惟是如何設計，如何實施，均有預爲研尋之必要。袁君汝誠，青年力學，於公餘之暇，纂成近世道路工程學一書，凡二十有七章，對於各種道路之設施，莫不詳細論列，並能顧及我國經濟狀況，側重於次級路面之計劃，誠爲國內修築道路者之重要參考書。茲因其將付剞劂，爰綴數言，以弁其端云。

壬申夏月 石瑛

自序

邇來朝野人士，已能提倡道路之建設矣。爲今之計，亟宜集合人民與政府之力量，以發展全國道路，集合人才財力，以謀道路建設，庶克有濟。人力與財力之集中易，專門人才之造就難，且更非短時期所能成就。欲矯此短，非從事編纂普通之道路書籍不爲功。其關於道路路線之選擇，路面路基之築造，排水設備之改良，皆宜羅致詳盡，俾得人手一編，瞭然於胸。在實施應用之時，即可收左右逢源之效。間嘗與二三同志，討論其事，遂有本書之編纂。稿起於二十年之八月，年餘而成。舉凡道路工程上應具之普通常識，大都列入。編輯時，又處處顧及本國目下之經濟狀況，對於土路、碎石路、混凝土鋪路、瀝青材撒布路面等次級路面，特詳加討論，以期適合國情。惟是我國幅員廣大，各地情形不同，雖經再三斟酌，惟恐仍貽閉門造車之譏。深望讀者不吝賜教，則幸甚矣。再本書編纂之際，經由同事趙君國華代爲校對整理原稿，陳君利斌、趙君國昌代爲製圖，書此誌謝。

民國二十二年五月二十二日

編者誌於首都

近世道路工程學目錄

張	序	
石	序	
自	序	
第一章	總論	1—4
第一節	道路之意義	1
第二節	交通機關與動力之利用	1
第三節	道路對於社會之價值	3
第二章	道路之分類	5—7
第一節	依道路用地所有權而分	5
第二節	依路線之認定而分	5
第三節	依築路所用材料而分	6
第四節	依建築方法而分	6
第五節	依建築所在地而分	6
第三章	牽引抵抗	8—27
第一節	總說	3
第二節	車軸摩擦抵抗	8
第三節	迴轉抵抗	10
第四節	由於速度而起之牽引抵抗	20
第五節	空氣抵抗	24
第六節	坡度抵抗	25

第七節 其他之牽引抵抗	27
第四章 馬之牽引力與動力之決定	28—38
第一節 馬之牽引力	28
第二節 馬之牽引力與坡度之關係	31
第三節 坡路上馬之最大牽引載重	33
第四節 車輛運行之動力決定	34
第五章 縱斷坡度	39—45
第一節 總說	39
第二節 最大坡度	39
第三節 最小坡度	42
第四節 曲線部之坡度限制	44
第五節 其他情形之限制	45
第六章 道路之寬度	46—59
第一節 總說	46
第二節 依車輛之寬度與速度	46
第三節 依車輛連結之長度	51
第四節 依裝載貨物之寬度	52
第五節 依其他之條件	52
第六節 街道之寬度	53
第七節 步道寬度	54

第八節 南京市及外國之道路寬度	57
第七章 道路橫斷面	60—76
第一節 橫斷面之普通形狀	60
第二節 橫斷坡度	61
第三節 橫斷曲線設置法	64
第四節 偏高	69
第八章 曲線	77—89
第一節 總說	77
第二節 曲線之種類及形狀	77
第三節 半徑之限制	78
第四節 曲線部寬度之擴大	84
第五節 最小半徑	89
第九章 縱斷面曲線	90—97
第一節 總說	90
第二節 直視距離縱斷坡度及縱斷曲線半徑間之關係	91
第三節 縱斷曲線之種類及設置法	94
第十章 水平及立體交叉	98—104
第一節 總說	98
第二節 交叉點之防止事故設備	98
第十一章 道路設計上之預備調查	105—116

第一節	總說	105
第二節	地方道路改良之利益	105
第三節	道路新設或改良工費之來源	106
第四節	交通調查	107
第五節	道路測量	111
第十二章	土工	117—135
第一節	總說	117
第二節	普通切土工	117
第三節	運輸	122
第四節	築堤	125
第五節	山腹道路	130
第六節	橫跨水道之道路	135
第七節	土工費用	135
第十三章	排水	136—141
第一節	總說	136
第二節	地下排水	136
第三節	表面排水及側溝排水	137
第四節	排水溝之式樣	139
第十四章	土砂道路	142—152
第一節	總說	142

第二節	砂路	142
第三節	粘土路	143
第四節	粘土砂路	143
第五節	土路築造之順序	145
第六節	填土及切土	145
第七節	路床	146
第八節	路面之完成	147
第九節	普通土路之橫斷形狀	149
第十節	土路路面破壞原因及其保養與修繕	150
第十一節	土路防塵法	151
第十五章	礫石路	153—165
第一節	總說	153
第二節	礫石路用礫石	153
第三節	礫石之大度	154
第四節	結合材	156
第五節	礫石路之構造	158
第六節	礫石路之築造法	160
第七節	保養及修繕	163
第八節	防塵法	163
第九節	礫石之驗收	164

第十六章 碎石路	166—182
第一節 總說.....	166
第二節 道路用石材之必須條件.....	166
第三節 石材之試驗.....	167
第四節 結合材與其成分.....	168
第五節 碎石路之構造概要.....	169
第六節 許可坡度.....	170
第七節 路床之形式及其完成.....	170
第八節 碎石層厚度之決定.....	170
第九節 鋪路與路肩之寬度.....	171
第十節 橫斷面與橫斷坡度.....	171
第十一節 威爾福得式路之築造法.....	172
第十二節 馬克達式路之築造法.....	175
第十三節 威爾福得式與馬克達式之得失比較.....	176
第十四節 防塵法.....	177
第十五節 碎石路之保養及修繕.....	177
第十六節 碎石機及其能率.....	178
第十七節 輾壓機及其能率.....	179
第十七章 鋪道材料之選擇	183—198
第一節 總說.....	183

第二節	鋪道之耐久性	184
第三節	鋪裝磨滅	187
第四節	築造費	188
第五節	衛生的性質	189
第六節	滑度	190
第七節	掃除之難易	191
第八節	鋪面受熱之吸收及放射	191
第九節	舒適與美觀	192
第十節	路面抵抗	192
第十一節	鋪道改良後之效果	194
第十二節	結論	196
第十八章	鋪道基礎	199—205
第一節	總說	199
第二節	天然及人工基礎	200
第十九章	道路用瀝青材	206—220
第一節	總說	206
第二節	瀝青	206
第三節	柏油	208
第四節	瀝青乳劑	208
第五節	瀝青材之試驗	209

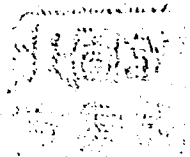
第六節	溶劑	212
第七節	瀝青規格	213
第八節	柏油規格	216
第九節	瀝青乳劑之規格	219
第二十章	瀝青材撒布路面	221—225
第一節	總說	221
第二節	瀝青材撒布路面用骨材	221
第三節	加熱瀝青材撒布作業	222
第四節	瀝青乳劑撒布作業	224
第五節	保養	224
第六節	瀝青乳劑與加熱用瀝青材之得失比較	225
第二十一章	瀝青類馬克達路	226—229
第一節	總說	226
第二節	基礎	226
第三節	磨耗層	227
第四節	瀝青類結合材之使用	227
第五節	特徵	229
第六節	保養	229
第二十二章	瀝青類混凝土路	230—237
第一節	總說	230

第二節	骨材	230
第三節	瀝青類混凝土路之方式	231
第四節	築造法	233
第五節	保養	236
第六節	瀝青類馬克達與瀝青類混凝土路之得失比較	236
第二十三章 片瀝青鋪路		238—258
第一節	總說	238
第二節	基礎	238
第三節	聯結層	240
第四節	磨耗層	243
第五節	純瀝青之百分比	246
第六節	聯結層之築造	247
第七節	磨耗層之築造	248
第八節	失敗之原因	251
第九節	修繕	254
第十節	片瀝青鋪路之得失	255
第十一節	岩瀝青鋪路	255
第十二節	瀝青塊鋪路	256
第十三節	瀝青塊鋪路之得失	257
第二十四章 混凝土及鐵筋混凝土鋪路		259—322

第一節	總說	259
第二節	混凝土用材料及其成分比	260
第三節	混凝土鋪路下路床之排水	271
第四節	路床築造及橫斷面之形狀	273
第五節	鋪道之橫斷坡度	274
第六節	最大縱斷坡度	275
第七節	混凝土鋪版之設計	275
第八節	混凝土鋪版之伸縮接縫設計	276
第九節	混凝土鋪路橫斷接縫之決定法	279
第十節	混凝土鋪版厚度之設計	281
第十一節	鐵筋混凝土鋪版之設計	286
第十二節	鐵筋之排列	294
第十三節	混凝土鋪版之橫斷形	295
第十四節	混凝土鋪版之鋪設法	296
第十五節	混合水量	297
第十六節	混合法	299
第十七節	運輸	300
第十八節	搗固及表面修飾	300
第十九節	鋪面之保養	302
第二十節	膨脹接縫之構造	303

第二十一節	混凝土之急硬剝	306
第二十二節	路牙及側溝	308
第二十三節	保養及修繕	309
第二十四節	混凝土鋪道之得失	310
第二十五節	矽酸硬性水泥混凝土鋪道	311
第二十六節	膠石鋪路	316
第二十七節	壓壓混凝土鋪道	318
第二十八節	混凝土塊鋪路	319
第二十九節	混凝土步道之溜滑及反射之防止法	321
第二十五章 磚鋪路		323—342
第一節	總說	323
第二節	磚之種類	323
第三節	鋪道用磚之試驗及其必要條件	325
第四節	最大許可坡度	327
第五節	磚鋪路之構造	328
第六節	磚鋪路之路褥	330
第七節	磚之排列方式	332
第八節	碾壓	335
第九節	接縫之填充	337
第十節	瀝青填充材	339

第十一節 伸縮接縫及填充材	340
第十二節 保養及修繕	341
第十三節 磚鋪路之築造費用	342
第二十六章 石塊鋪路	343—370
第一節 總說	343
第二節 鋪石之試驗	343
第三節 彈石鋪路	344
第四節 羅馬式鋪石路	347
第五節 比利時式鋪石路	347
第六節 石軌鋪路	348
第七節 小石塊鋪路	350
第八節 大石塊鋪路	365
第二十七章 木塊鋪路	371—390
第一節 總說	371
第二節 鋪道用木塊之種類	371
第三節 鋪木塊之檢查	375
第四節 木塊鋪路之構造及鋪設法	379
第五節 坡地之木塊鋪設法	387
第六節 鋪木路之得失	388
第七節 木塊鋪面之損壞原因及其保養方法	389
第八節 工費	389



近世道路工程學

第一章 總論

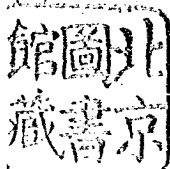
第一節 道路之意義

普通所謂道路，不問其爲誰屬，凡一切供應交通之通路，許人獸車輛自由通行之土地是也。道路有公路(High Way)與私路(Private Way)之別，其築造目的，則毫無相異之處，皆所以便利公衆之交通及貨物之運輸者也。道路建設之起因，以人類有互助性，合羣性，故互相往還，以圖交際親睦，有無相濟，而遂其自在生活之目的。是故凡感缺乏之物品，則可求之於他處，過剩物品，則以供給於遠方，因此遂成徑路。及後人類之智識漸高，往還愈漸頻繁，時至今日，道路遂成爲商業上產業上重要之機關。故道路可以占其國家文化與貧富之程度，有粗草者，有精良者，其種類極多。

第二節 交通機關與動力之利用

最近交通機關之發達，顯有急激之進步，遂有水上，陸上，空中，地下互相競爭之狀態。然而此等交通機關，各有其特徵，孰爲最利，非就其地方情形，作縝密之調查與研究而決定之不可。現今稱爲交通機關者，不僅人獸行走，與貨物之搬運，凡通信，電信，電話等俱屬之。

交通機關之要素有三：即(1)通路，(2)運輸機關，(3)動力是



也。此三要素，平衡相峙，方能達完全交通之目的。然此三要素有不能判然區別者，例如水道之給水管，兼有道路與運輸機關之性質。此等要素須有平衡之發達，方能期交通機關之完全。

通路有種種，如水路，陸路，水道之鐵管，及電信，電話線，空中等是。運輸機關有人力，獸類，車輛，船舶，筏，航空機等。動力則有人力，獸力，風力，水力，潮力，波力，重力，光線等之自然力及蒸氣力，電力，壓力，瓦斯力等之人工力。

上述三要素之交通機關，須具下列各種具體條件。

(a)須容易征服距離。(b)安全。(c)交通，運輸費用低廉。(d)正確。(e)速度大。(f)便利。(g)容量大。(h)容易利用於其他之目的。(i)分歧容易。

交通機關能同時滿足上列各項條件，固屬理想，然而現代之交通機關，仍不脫有利必有弊之一途。今就動力之利用方面言之，於通路則以無限制之船舶為最大，其次則依火車，電車，汽車，車等之順位而漸小。動力大則其運輸力亦大，運費亦因而低廉，此乃一般原則。然而動力大，則其設備費亦大，因此欲求圓滿解決，實屬困難。今更就汽車與電車而比較之，汽車則不如電車之需發電，送電，軌道等之設備，及因此等設備而需要之經費，故小資本即能舉辦，且對於乘客之運送，既無停車場之必要，於一定之軌道外，亦能通行無阻，但其最大缺點，^則則不如電車之運輸量大。次更就鐵道與道路比較之，鐵道與道路有密切之關係，盡人皆知，因有鐵道之存在，而感道路之必要，因有道路之存在，勢不得不築造鐵道者亦頗多，分離兩者而言之，雖屬無理，茲強就

兩者之缺點與利點而比較之，則得下述之決論。

(1)以道路爲便利者，

(a)汽車之於道路，比火車之於鐵道，經費較小。(b)依照貨物，道路比鐵道，運費低廉者有之，例如運輸近距離之物品時，既省手續，且無貨物包裝之必要，因之得增加運搬回數，又一定線路以外，亦得利用，故無論何處，皆能通行，如斯情形時，則道路較有利。

(2)以鐵道爲便利者，

(a)容量較大。(b)距離長遠。

兩者個別考慮時，雖有上述之得失，然兩者苟相互爲用，則能充分發揮交通之機能。

第三節 道路對於社會之價值

欲謀地方及都市之發展，則有完備各項機關之必要。於都市則道路，鐵道，電車道，河川，運河，港灣等之交通機關，上下水道，公園，公會堂，市場，公墓等之公共設施，官署，水陸公署，其他行政機關，學校，圖書館，博物館等之教育機關，及劇場，美術館等藝術機關種種之設施，皆所必要。又於鄉間若欲增大其產業能力，所有種種機關，亦應完備，不待言也。

上述各種設施，雖已完備，而欲爲有效之利用，則首先須有完備之交通機關，然一切交通機關之主體及補助，則惟道路是尙，因之必先施行道路之新築與改良，然後完備上述諸機關，乃得充分利用，而圖鄉間及都市之發展。

此外完備道路，於國防上亦有重大關係，此為歷史上所能證明者。又都市人口稠密之處，道路於人民之健康上，有絕大之影響，乃統計上明瞭之事實。故一國之文化及貧富之程度，有謂察其道路完備之狀態，得以知之，實非謬言也。

第二章 道路之分類

第一節 依道路用地所有權而分

於廣義，稱爲道路者，乃泛指一切許人獸車輛自由通行之土地而言，故道路可分爲公路及私路。此二種道路，於供人獸車輛通行之點，雖無差別，然所謂公路者，乃指國家所經營之物，行政官廳所設施者也。私路者，乃私人根據其所有權，開放自己所有之土地，以供公眾之通行者也。故公路與私路之區別，以其道路是否爲國家經營爲標準而決定之，本道路工程學則專就公路立論。

第二節 依線路之認定而分

道路依線路之認定而區別者，可分爲五種。

1. 國道 由首都通於各省政府所在地，各師旅司令部所在地，各海軍港，及其他樞要開港之路線，乃爲軍事上及國家一般交通之幹線是也。

2. 省道 連絡省內各重要縣治之路線及鄰省省會，以及其他重要城市，由建設廳擬定，經省政府主管機關之認可，而決定之道路。

3. 縣道 連絡縣內樞要地之路線，及隣接縣政府所在地之路線，縣長經縣會之決議，得主管機關之認可，而決定之道路是也。

4. 市道 市內之路線，市長經市會之決議，而認定之道路是也。

5. 村道 村內之路線，村長經村會之決議，而認定之道路是也。

第三節 依築路所用材料而分

道路依建築材料，雖可概分為下列八種，但道路依其國家文化及貧富之程度而異，優良者有之，粗劣者有之，其種類極多，茲列記之如次。

1. 土砂路 (Earthen Road)。
2. 礫石路 (Gravel Road)。
3. 碎石路 (Broken Stone Road)。
4. 瀝青鋪路 (Bituminous Pavement Road)。
5. 木鋪路 (Wooden Pavement Road)。
6. 磚鋪路 (Brick Pavement Road)。
7. 石鋪路 (Stone Pavement Road)。
8. 水泥混凝土鋪路 (Cement Concrete Pavement Road)。

第四節 依建築方法而分

關於道路之建築方法，雖用同一之材料，亦有種種之名稱，即如瀝青道路一項，依其建築方法，已有十餘種差異之名稱，關於此等名稱，後當詳述之。

第五節 依建築所在地而分

依以上所述分類之外，道路依其建築所在地，亦分其名稱爲公園路 (Park Road)，市街路 (Street Road)，鄉村路 (Country Road)，山路 (Mountain Road) 等數種。

第三章 牽引抵抗

第一節 總說

路面上牽引載重(車輛)所需之力 (Force), 謂之牽引力 (Tractive Force)。欲牽引載重, 不得不先征服某種抵抗 (Resistance), 此抵抗稱為牽引抵抗 (Tractive Resistance)。

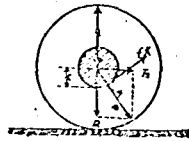
牽引抵抗, 大略有車軸摩擦抵抗, 迴轉抵抗, 坡度抵抗, 空氣抵抗等, 以及其他種種。

第二節 車軸摩擦抵抗

車輛行走於路面時, 車軸 (Axile) 與軸承 (Bearing) 間所起摩擦之抵抗, 謂之車輪摩擦抵抗 (Axile Resistance or Frictional Resistance to Axile)。

此種抵抗, 與路面無關係, 其大小, 依車軸與軸承之材料及施行於其間之油類之性質而異。關於此項抵抗之研究, 先假定 (1) 路面不因車輪之壓力而變形, (2) 車輪與路面之間, 無其他之抵抗, 僅車軸與軸承之間有摩擦力之存在, 根據此項假定, 則牽引抵抗與車軸摩擦抵抗, 在力學上應相平衡。

圖 1



茲於第 1 圖:

R = 車輪之半徑, r = 軸承之半徑, Q_1 = 車體傳達於車軸之壓力, T_2 = 加於車軸之水平牽引力, f = 車輛與軸承間之摩擦係數,

於車輪開始轉動之一瞬時間, 傳達於車軸與軸承內面之力, 應為 T_2 與 Q_1 之合力 K . 其值

$$K = \sqrt{T_2^2 + Q_1^2}$$

此壓力 K 傳於車軸, 於軸承迴轉時所發生車軸之摩擦力為 $f \cdot K$, 故車輪之一迴轉中, 由車軸之摩擦力所發生之工作 (Work) 量, 為 $f \cdot k \times 2\pi \cdot r$

同時依 T_2 之力, 在車輪之一迴轉所生之工作量, 為

$$T_2 \times 2\pi \cdot R$$

此兩種工作量應為相等, 因之得次列之關係式,

$$T_2 \times 2\pi \cdot R = f \cdot k \times 2\pi \cdot r$$

由上式則得

$$T_2 = \frac{r}{R} f K \dots \dots \dots (a)$$

然
$$K = \sqrt{T_2^2 + Q_1^2}$$

$$= Q_1 \sqrt{1 + \frac{T_2^2}{Q_1^2}}$$

而 T_2^2 / Q_1^2 值之於 1, 縱省略之, 於概算上亦無大差, 故將此值代入 (a) 式, 則

$$T_2 = \frac{r}{R} f Q_1 \dots \dots \dots (b)$$

今設 $f_2 = \frac{r}{R} f \dots \dots \dots (c)$

則 $T_2 = f_2 Q_1$ (1)

即表示因車軸之摩擦所生之牽引抵抗之量。

依(b)式，則載重一定之車輛之軸摩擦之牽引抵抗，與車輪之半徑成反比例，與車軸之半徑成正比例。故理論上，車輪大，軸周小，則可減少其抵抗。又依(c)式， f 乃滑動摩擦係數，若得變之為轉動摩擦係數，則可使 f ，成為更小也。以快速運動為主之汽車之所以於此部分應用球軸承者，即是故也。然於實際上仍需充分塗油於車軸，以減少其抵抗。

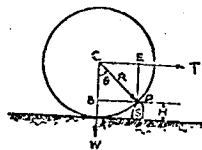
根據培克耳(Baker)氏之實驗結果，謂「車軸摩擦係數之大度，與軸承由車軸所受壓力之平方根，成反比例，」對於輕載重，其大度約為軸載重之2%，對於更重之載重，則約為1.5%，此乃充分塗油時所得之結果，塗油不充分時，達於上數之二倍或三倍者亦有之云。

第三節 迴轉抵抗

車輪行走於路面時，路面與車輪間，恆生抵抗。路面縱十分完全，車輪仍難免有多少之沉下。路面之施工，縱十分注意，亦難免有多少之凹凸。路面材料，縱如何選擇，車輪與路面之間仍不免有摩擦之發生。因以上種種緣由而起之牽引抵抗，稱為迴轉抵抗(Rolling Resistance)。

1. 路面有凹凸時 車輪迴轉於凹凸路面之上，恰如遇障礙物，如欲越之，則需水平推輓之力，即生牽引抵抗。

圖 2



今於第 2 圖：

T = 車輪之水平推輓力， R = 車輪之半徑， W = 車輪及車輪上之全重量， H = 障礙物之高度， S = 障礙物， P = D 點所受之壓力，

從靜力學(Static)上，水平推輓力 T 與輪載重 W 二力之平衡條件，於 D 點之力率 (Moment) 之代數總和，須成爲零，故得下之關係式。

$$\begin{aligned}
 T \cdot \overline{BC} &= W \cdot \overline{BD} \\
 \therefore T &= W \frac{\overline{BD}}{\overline{BC}} \\
 &= W \frac{\sqrt{R^2 - (R-H)^2}}{R-H} \\
 &= W \frac{\sqrt{(2R-H)H}}{R-H} \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

即若欲轉動車輪，需用比 T 較大之力。

考察(2)式，可知車輪之半徑愈大，則推輓愈易。

D 點所受壓力 P ，可由次式求之。

$$P = W \frac{\overline{CD}}{\overline{BC}} = W \cdot \sec \theta \dots \dots \dots (3)$$

由(3)式考察之， \overline{CD} 大於 \overline{BC} ，故可知壓力 P 大於載重 W 。

由上述理由，若路面有障礙物或凹凸時，則路面受比載重更

大之壓力，此亦路面破損之一因也。

〔例 1〕

有輪載重500公斤，半徑30公分之車輪，求其推輓於高1.0公分之障礙物之上所要力及D點所受之壓力。

〔解〕 以推輓力為T，D點所受之壓力為P，

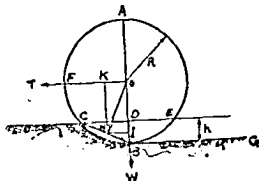
$$\begin{aligned} \text{由(2)式 } T &= W \frac{\sqrt{(2R-H)H}}{R-H} \\ &= 500 \frac{\sqrt{(2 \times 30 - 1) \times 1}}{30 - 1} \doteq 133. \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\text{由(3)式 } P = W \frac{CD}{BC} = \frac{500 \times 30}{29} \doteq 517. \text{ kg.}$$

2. 路面脆弱之處 路面築造縱十分完全，車輪轉行於路面上，仍不免多少之沉下。此時車輪恰與上坡時，具同一之狀態。對於此種狀態之抵抗，大有關係於路面之軟硬，車輪之廣狹，輪徑之大小等。路面如為鬆軟之砂或粘土時，則於車輪進行之後方，發生轍跡。

如第3圖所示，車輪於地平面CD上，進行於OF方向時，則生BG之轍跡，DB為其沉下之速度。

圖 3



於第3圖中：

T = 水平推輓力, R = 車輪半徑, W = 輪載重,
 H = 沉下深,

此時所生之壓力, 於B點為最大, 於C點為最小。

故 \widehat{BC} 面之壓力之合力, 假定

$\widehat{BC} \doteq \overline{BC}$ 時,

視為作用於H點, 即 $\frac{1}{3}\overline{BC}$ 點。此時之 \overline{OH} , 表示車輪載重及水平推輓力之合力。其垂直分力 \overline{KH} , 表示輪載重。水平分力 \overline{HI} , 則表示水平推輓力。

茲由力學上求出輪載重 W , 水平推輓力 T , 及沉下深 H 之關係如次。

$$W:T = \overline{OI} : \overline{HI}$$

但因 \widehat{BC} 極小, 故 $\angle HOI$ 及 $\angle IHB$ 亦小,

$$\text{故得 } \overline{OI} = \overline{OH} \cdot \cos \widehat{HOI} \doteq \overline{OH} \doteq \overline{OB}$$

$$\text{但 } \overline{HI} = \frac{1}{3}\overline{CD}$$

$$\text{故 } W:T = \overline{OB} : \frac{1}{3}\overline{CD}$$

$$\text{但 } \overline{CD} = \sqrt{AD \times BD} = \sqrt{h(2R-h)}$$

$$\text{故 } T = \frac{W}{3} \cdot \frac{\sqrt{(2R-h)h}}{R} \dots\dots\dots(4)$$

h 比於 R 甚小時, 則用次式,

$$T = \frac{W}{3} \cdot \frac{\sqrt{2R}}{R} \dots\dots\dots(5)$$

考察上式, 可知負擔同樣載重時, 車輪半徑較大之車輛, 比

半徑小者，得減少其推輓之力。

[例 2]

車輪半徑為50公分，輪載重為500公斤之車輛，推輓於路面之上，由路面沉下之深度為1.0公分，求其水平推輓力。

[解]

$$W=500. \text{kg}, \quad R=50. \text{cm}, \quad h=1.0 \text{cm},$$

依(4)式，

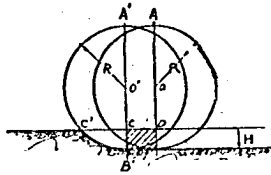
$$\begin{aligned} T &= \frac{W}{3} \cdot \frac{\sqrt{(2R-h)h}}{R} \\ &= \frac{500}{3} \cdot \frac{\sqrt{(2 \times 50 - 1) \times 1}}{50} \doteq 33. \text{kg}. \end{aligned}$$

又依(5)式，

$$T = \frac{W}{3} \cdot \frac{\sqrt{2R}}{R} = \frac{500}{3} \cdot \frac{\sqrt{2 \times 50}}{50} \doteq 33. \text{kg}.$$

3. 車輪之半徑與水平推輓力之關係 車輪因沉下而消費之工作(work)量，有如次述之關係。

圖 4



於第 4 圖：

設一車輪由 AB 之位置，迴轉至 A'B' 之位置，則因其迴轉距離 CD 間之沉下，而消費之工作量，當比例於缺圓 C'CB'B 所圍之面積，此面積等於矩形 CDB'B 之面積。

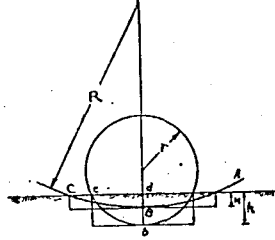
今使 W = 工作量, H = 沉下深, R = 車輪半徑,
 C = 係數,

則有如次式所示之關係。

$$W = C \times H \sqrt{H(2R - H)} \dots \dots \dots (6)$$

4. 車輪之半徑與沉下量之關係 有大小二輪, 各輪負
 同樣之載重時, 大輪比小輪, 其沉下量小。今不論其車輪之大小,
 設其工作量相等, 則有如次式之關係。

圖 5



於第 5 圖, 有大小二輪, 設

R = 大車輪半徑, r = 小車輪半徑, H = 大車輪之

沉下量, h = 小車輪之沉下量,

各輪負同樣之載重時, 則

$$\widehat{CB} = \widehat{c b}$$

今設其長度為 L, l , 則各個之比例於工作量之面積, 為

$$l \cdot h = L \cdot H \dots \dots \dots (a)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{又 } l &= \sqrt{2hr} \\ L &= \sqrt{2HR} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (b)$$

代入(a)式於(b)式, 則得

$$h^3 \cdot r = H^3 \cdot R \dots\dots\dots (c)$$

$$\therefore h:H = \sqrt[3]{R} : \sqrt[3]{r} \dots\dots\dots (d)$$

即沉下深反比例於半徑之三乘根。

$$\text{又 } l \cdot h = L \cdot H$$

$$\text{故 } h:H = L:l$$

$$\therefore L:l = \sqrt[3]{R} : \sqrt[3]{r} \dots\dots\dots (7)$$

即沉下長正比例於車輪半徑之三乘根，而水平推輓力反比例於沉下長。故車輪迴轉於水平道路上時，所生之迴轉抵抗，反比例於車輪直徑之三乘根。

車輪之直徑大時，得以少數之迴轉數，行走同一之距離，因而車軸摩擦抵抗亦小，利益較多，但用之過大，不僅不便於貨物之積卸，且因人之身長有限，車輛過大，則不能以水平力牽引車輛，有損於力。

第 1 表 依車輪直徑之大度之牽引抵抗及抵抗係數

道路種類	路面狀態	前後車輪之直徑平均					
		50"(127cm)		38"(96.6cm)		62"(66cm)	
		抵抗	係數	抵抗	係數	抵抗	係數
碎石道	僅少之磨滅	57# / ton	0.0285	61# / ton	0.0305	70# / ton	0.0350
礫石道	乾燥砂厚 2.54cm 有多少之弛緩	81"	0.0720	50"	0.0450	110"	0.0550
同	坡度 2.2% 濕砂 下部凍結	123"	0.0615	132"	0.0660	173"	0.0866

土道	乾燥堅硬	69"	0.0345	75"	0.0375	79"	0.0395
同	粘泥厚 1.27cm 下部凍結粗雜	101"	0.0503	119"	0.0596	139"	0.0696
	牽引抵抗平均值	87"	0.0435	95"	0.0475	114"	0.0570

5. 輪胎寬度對於牽引抵抗之影響 於路面上推輓車輛時，車輛輪胎寬度大者，其沉下於路面之深度，較狹者為淺，此乃一般之原則也。然於石塊鋪路，混凝土鋪路等之硬質路面，殆無關係。根據摩林(Moline)氏實驗之報告，於石塊路及硬質之馬克達(Macadam)路，輪胎寬3.in.(7.6公分)，至4.in.(10.公分)以上時，則無關係。於粘土，砂等之軟弱路面，則其影響頗大，並成路面破壞作用之因。

尤其對於下列各種狀態，其影響更大。

- (1)道路全體軟弱時，
- (2)硬質路面上，有厚層塵土時，
- (3)路面潤濕時，或片狀附着於輪胎者，
- (4)路面有泥土附着於輪胎時，

輪胎狹小，路面軟弱時，則增加牽引抵抗，縱為硬質路面，其破壞之度亦不小，因之各國道路取締章程，限制輪胎寬度，及輪載重。

次將摩林氏實驗之輪胎寬與牽引抵抗之關係表示之。

第2表 摩林氏實驗之輪胎寬所及之牽引抵抗

種類	輪胎寬		
	3.8cm (1.5in.)	15.2cm (6.0in.)	
碎石道	堅,滑,無弛緩石,約水平	42.8kg.	34.6kg.
礫石道	堅,滑,有僅少石(徑約2.5cm)	64.3	47.3
,,	新造,不緻密,有乾燥狀態之礫石	132.0	92.0
,,	弛緩,濕砂,厚5.1cm~6.4cm	112.0	115.0
土道	填土,弛緩之乾芥厚約5.1cm~6.4cm	40.9	48.0
,,	填土,乾燥,無芥及凹凸,約水平,	67.5	49.5
,,	填土,有堅泥,頂上乾燥,下部濕潤	225.0	139.0
,,	填土,有泥厚6.4cm,下部堅硬	114.0	147.0
,,	粘土,濕泥7.6cm~10.2cm,下部堅	130.0	184.0
,,	粘土,頂部乾燥,下部濕潤,狹輪胎	214.0	192.0
,,	粘土,頂部乾燥,下部濕潤,狹輪胎	250.0	210.0
,,	粘土,有堅深之泥	375.0	250.0

6. 車軸摩擦及迴轉抵抗係數 前述之迴轉抵抗,乃車輪迴轉於路面上時,兩者間所生之抵抗,作為迴轉摩擦抵抗亦可。車輪轉動於路面時,車軸摩擦與迴轉抵抗,非各獨立發生,乃同時併起者也。

今使 Q = 輪載重, U_1 = 迴轉摩擦係數, U_2 = 車軸摩擦係數, T_1 = 迴轉摩擦抵抗, T_2 = 車軸摩擦抵抗, T = 總牽引抵抗,

$$\text{則 } T = T_1 + T_2$$

$$\therefore T_1 + T_2 = Q_1 U_1 + Q_1 U_2 = Q_1 (U_1 + U_2)$$

使 $(U_1 + U_2) = C$

則 $T = Q_1 C$(8)

欲測定此摩擦係數C,可於車輛與軌索間,裝置驗力器,使車輛等速轉動於水平等質之路盤上,而測定其相應於曳行距離之工作量,以距離除之,則得牽引抵抗T,更求T與車輪全重量 Q_1 之比,則得係數C。

此摩擦係數C,於車輪直徑,及車軸輻承之狀態同一者,得視為道路之摩擦係數。

C之值,路面縱屬同一之材料,依其路床之狀態,構造之良窳,修繕之如何,塵土之有無,及築造後之年數,或破損之程度等,大有不同,不待言也。

其實驗結果,大略如次。

第3表 摩擦抵抗及係數

路面種類	最小	最大	最小	最大	抵抗係數(c)	
	#/ton.	#/ton.	kg./ton.	kg./ton.	最小	最大
片澀青鋪路	30,	70,	13.6	31.6	0.0136	0.0316
磚鋪路	14,	40,	6.3	18.1	0.0063	0.0181
彈石鋪路	50,	100,	22.7	45.3	0.0227	0.0453
水泥混凝土鋪路	15,	30,	6.8	13.6	0.0068	0.0136
土路	50,	200,	22.7	90.6	0.0227	0.0906
礫石路	50,	100,	22.7	45.3	0.0227	0.0453
碎石路	20,	100,	9.1	45.3	0.0091	0.0453
木塊路	30,	60,	13.6	27.2	0.0136	0.0272
砂路	100,	200,	45.3	90.6	0.0136	0.0453
石塊路	30,	80,	13.6	36.2	0.0136	0.0362

第四節 由於速度而起之牽引抵抗

由於車輛速度而起之抵抗，其起因由於路面凹凸所生之衝擊(Impact)。其大度，依車行速度，路面之粗滑，彈簧(Spring)之有無，輪胎之性質，車輪半徑之大小，及路面之性質等而異。車輪轉動於凹凸之路面或障礙物上，其一部份之能率(Energy)，因之消耗，在越過凹凸之處，車輛不得不上跳，雖因其重力，得為若干之工作量，但不過使路面增加其破損之度，依此一上一下，所消耗能率之量，依於車輛速度及路面凹凸之高度而增大。

茲將摩林氏以有彈簧之車輛實驗之結果，表示之如次。

第4表 速度所及之牽引抵抗 #/ton.

種類	路面狀態	速度		
		常步 2 哩/時	快步 4 哩/時	極快步 6 哩/時
碎石路	良好狀態	41 #/ton.	48 #/ton.	49 #/ton.
”	堅硬大石露出	55.	73	81
”	微濕，稍污損	48.	74	83
”	堅硬有僅少之軟泥	76.	91	99
”	堅硬有凹凸及多量之泥	93.	108	116
”	一部磨滅有厚泥	110.	126	132
”	多磨滅，凹下有 3 吋泥	145	160	163
”	甚惡，有四吋之凹下，粗糲	162.	202	—

上表乃馬車之速度。

由第四表之結果而考察之，碎石路之抵抗，正比例於速度之

四乘根。於石塊路，則正比例於二乘根。但如汽車之打氣輪胎，雖與速度之增加無關，而無彈簧之車輛，則完全與之反對。

1. 高速度車輛對於路面之影響 洞悉路面衝擊之影響，乃為路面改良上重要之事項，頗有研究之價值，現今高速度車輛，日見激增之際，本問題尤須重視。

最近於美國，實驗路面衝擊之影響，發表意外之結果如次。

3,350.kg.($\div 8,500.$.)之輪載重，以相當之速度，行走於厚度 20 公分之混凝土版鋪路上，其鋪面漸次破損，然以同輪載重靜行於該鋪版上時，因而發生之最大應力約 2.4kg./cm^2 ，(34.0\#/in^2 .)，而該濕凝土版自身之強度， $B21.0\text{kg./cm}^2$ ($300.\text{\#/in}^2$)，至 28.0kg./cm^2 .($400.\text{\#/in}^2$)。

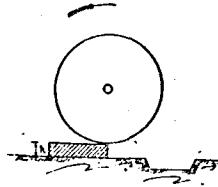
總合此等結果而研究之，可知因衝擊而致路面所受之影響非小，有如前述，於車輛速度與路面凹凸，大有關係。

關於此項問題，今略舉路面有凹凸處所之二三實驗，以作參考。

於第 6 圖有 5 噸貨物汽車，其後輪之一輪載重為 3,511.kg.(7750#) [彈簧下之重量為 822.kg.(1837#)]，以 24.km./hour (15miles/hour) 之速度，從 7.6cm(3.inches) 之高處落下時，其衝擊應力為 20,026kg.(42,000#)，相當於其靜載重約為 5.25 倍。又以同一條件，由 0.64cm.(1/4inch) 之高處落下時，其衝擊應力約 12,684kg.(28,000#)，此時約相當於靜載重為 3.6 倍。

依上記結果，衝擊力之大小，雖云比例於速度之二乘方，而於實際，尚未達其度。

圖 6



爲求緩和衝擊起見，可用實心橡皮輪胎 (Solid Tire)，或打氣輪胎 (Pneumatic Tire) 等之彈性體，又於車體與車輪之間，附以彈簧 (Spring)，以減少其衝擊。

茲將衝擊應力之實驗結果，表示於次。

第 5 表 試驗車，3 噸貨車，全重量 $4\frac{1}{2}$ 噸

後輪重量 7000# (3171.0kg.) $\left\{ \begin{array}{l} \text{彈簧以下之重量 1700# (770.kg.)} \\ \text{彈簧以上之重量 5300# (2400.9kg.)} \end{array} \right.$

速 度		障礙物高		I		II		III	
mile/H	Km/H	inch	cm	#	Kg	#	Kg	#	Kg
5.7	9.2	2	5.08	11,000	5254.8	9,400	4258.2	7,100	3216.4
10.2	16.4	2	5.08	18,500	8330.5	14,100	6337.3	7,800	3541.2
14.6	23.5	2	5.08	26,500	12004.5	18,700	8471.1	8,300	3759.9

I. 以厚 1. inch 之舊實心橡皮輪試驗，

II. 以厚 $2\frac{1}{2}$ inch 之新實心橡皮輪試驗，

III. 以 $42'' \times 9$ 壓力 142#/方"之打氣輪胎試驗，

2. 車輛慣性對於牽引抵抗之影響 在靜止狀態中之車

輛，欲使其變化為3.2 Km./Hour (2 miles/ Hour) 至4.8 Km./Hour (4. mile / Hour) 之速度，約為正在進行時所需之力之 6 倍至 8 倍。其理由雖有種種，其主因則為車輛於停止時，因重量而致多少沉下於路面，以及車輪摩擦等，皆比在運動狀態時為大，此外又如加速度因重量而消滅等是也。

今有以 V_1 速度進行之車輛，欲變其速度為 V_2 時，不得不增加其輓力，此一瞬時間所要之輓力，應與抵抗車輛之慣性相平衡，即依其慣性之抵抗，與所要牽引力相等，而方向相反，今使其車輛之質量為 M ，則慣性之抵抗，應相等於 $\frac{1}{2} M(V_2^2 - V_1^2)$ ，今假定此時速度變化之距離為 S ，此 S 距離間之平均慣性抵抗為 T ，則

$$T \cdot S = \frac{1}{2} M(V_2^2 - V_1^2) \dots\dots\dots(9)$$

$$\therefore T = \frac{M}{2S} (V_2^2 - V_1^2) \dots\dots\dots(10)$$

設車輛之重量為 Q ，則

$$M = \frac{Q}{g},$$

代入此值於(9)式中，則得

$$T = \frac{Q}{2 \cdot g \cdot S} (V_2^2 - V_1^2) \dots\dots\dots(11)$$

若靜止之車輛，於 S 距離間，使其速度達於 V_2 時，則

$$V_1 = 0$$

$$\text{故 } T = \frac{Q}{2 \cdot g \cdot s} V_2^2 \dots\dots\dots(12)$$

由上式觀之，慣性抵抗之 T 值，依速度變化而增大，因行程 S 之減小而加大，又慣性抵抗，在速度增加之際，成爲正號，速度減少之際，成爲負號，故對於牽引之力，完全與之相反。

第五節 空氣抵抗

空氣抵抗(Air Resistance)，除汽車及高速度車輛外，無考慮之必要，所謂高速度車輛，其速度應在 32. Km./Hour(20. miles/ Hour) 至 40. Km/ Hour(25. miles/ Hour) 以上時，乃有考慮之必要，車輛以高速度行走時，激動空氣，於車輛之前面，遂生風壓，後面則生空氣稀薄之現象，而致妨礙車輛之進行。

此項抵抗，繫於速度之增加而遞增，普通乘用汽車 (Touring Car) 之空氣抵抗，可依次式求之。

$$Ar = 0.005A \cdot S^2 \dots\dots\dots(13)$$

式中 Ar = 空氣抵抗(kg.)，

A = 空氣之接觸面積(Sq. Motre)，

S = 車輛之速度(Meter/ Hour)，

今於普通乘用汽車，其空氣接觸面積，假定爲 2.5f Sq. Meter (28.0 Sq. feet)，依種種速度，求其抵抗之結果如次表。

第 6 表 乘用汽車之空氣抵抗表

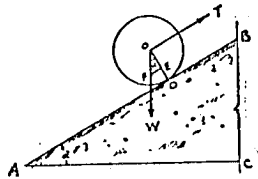
但空氣接觸面積爲 28.0 Sq. feet.

速 度		空 氣 抵 抗	
Km/Hour	Milo/Hour	Kg.	Pounds
16	10	3.2	7
32	20	12.7	28
48	30	28.6	63
64	40	50.8	112
81	50	79.0	175
97	60	140.0	252
111	70	161.0	343
123	80	230.0	448
160	100	717.0	700

第六節 坡度抵抗

坡度抵抗(Grade Resistance)者,乃車輛行駛於坡路時,為防止車輪之轉落所需之抵抗是也。此種抵抗,與車輪之大小及路面之性質無關,視坡度之陡緩而不同,此項抵抗,等於載重與坡度傾斜角之正弦之積,此項牽引力,乃為平行於坡度方向之力。

圖 7



於第 7 圖,使

AB=斜面, W=載重, T=牽引力, α =坡度傾斜角, C=輪胎與路面之摩擦係數。

分解載重 W 爲與斜面 AB 成平行及垂直二分力，則牽引力 T ，應相等於 \overline{WF} 之大小。今傾斜角爲 α ，摩擦係數爲 C ，故水平路面之摩擦抵抗，雖得以 $C \cdot W$ 表示之，但因路面傾斜，故其摩擦抵抗，當爲 $C \cdot (\overline{OE})$ 即 $C \cdot W \cos \alpha$ ，不考慮摩擦時之斜面牽引力，爲 \overline{EF} 即 $W \sin \alpha$ 。假定沿坡而上所要之牽引力爲 T_1 ，沿坡而下所要之牽引力爲 T_2 ，則

$$T_1 = C \cdot W \cos \alpha + W \sin \alpha \dots\dots\dots (14)$$

$$T_2 = W(C \cos \alpha - \sin \alpha) \dots\dots\dots (15)$$

由(15)式觀之，坡度斜角 α 漸次增大，則 $\cos \alpha$ 小於 $\sin \alpha$ 時有之，此時則生使用制動器(Brake)之必要，其限度爲

$$T_2 = 0$$

$$\text{即 } C \cos \alpha = \sin \alpha$$

相當於此時之 α 之坡度，稱爲臨界坡度。但普通坡度角 α 頗小，故

$$\cos \alpha \doteq 1$$

$$\therefore C = \sin \alpha$$

$$\text{而 } \sin \alpha \doteq \tan \alpha$$

$$\therefore C \doteq \tan \alpha$$

普通坡度，以水平距離與高度之比表示之，例如稱爲 $\frac{1}{30}$ 之坡度者，即對於水平距離 30.m. 或 30.ft. 垂直高 1.m. 或 1.ft. 之坡度是也。

$$\text{因之 } C = \tan \alpha = \frac{BC}{AC} = \frac{1}{U}$$

於良好之碎石路上，C 之值如第 3 表所示，每噸為 60#，即相當於 $\frac{1}{U} = \frac{1}{30}$ ，故國道及街道之坡度，除有特殊情形之外，有規定不得小於 $\frac{1}{30}$ 者，蓋根據於此也。

車輛昇降於坡路時所要之牽引力，等於平坦路所要之牽引力加減坡度抵抗 $W \sin \alpha$ ，但 $\sin \alpha$ 值於緩坡度時，直角三角形之斜邊與底邊無大差，故視

$$\sin \alpha = \tan \alpha$$

亦可。

今使上坡時所要之牽引力為 T_1 ，下坡時所要之力為 T_2 ，斜面坡度為 g (若干分之一)，則

$$T_1 = W \cdot c + W \cdot g = W(c + g) \dots\dots\dots(16)$$

$$T_2 = W \cdot c - W \cdot g = W(c - g) \dots\dots\dots(17)$$

各牽引力，得依上式而求得之。

即 $W \cdot c$ 乃平坦路之牽引抵抗， $W \cdot g$ 乃坡度抵抗也。

第七節 其他之牽引抵抗

以上所述之牽引抵抗外，尚有起因於曲線之牽引抵抗，起因於道路橫斷形之牽引抵抗，關係於車輛重心位置之牽引抵抗，等等。

第四章 馬之牽引力與動力之決定

第一節 馬之牽引力

馬之牽引力，不僅依於前述之車輪摩擦抵抗，迴轉抵抗，坡度抵抗等而決定，此外尚依馬之自重，骨格，年齡，牝牡，飼養法，氣候，速度，距離，勞動時間，勞動與休息時間之關係，貨物之積載方法，路面駐足之良否，馬之訓練之善惡，道路之狀況等而異，欲一概決定之，實屬困難。然於種種條件中，以馬之自重，速度，勞動時間之長短，路面駐足之良否等為主，即牽引力正比例於馬之自重，反比例於速度及勞動時間之久暫，對於載重，則依路面駐足之良否而加減之。

普通外國馬之重量，約 360.kg.(約 800#) 至 820.kg.(約 1800#)，我國馬雖無確實之統計調查，如川馬之小者當不過 200.kg.(約 330 斤)。

普通馬之速度，於路面駐足良好之道路，約 3.2 Km./Hour (約 2miles-Hour)，至 4.8 Km./Hour (約 3.miles/Hour)。

又普通馬所有之牽引力，假使每日服役10時間，以4.Km/H.(約 2.5 miles/H. 即 1.1 m./Sec.) 之速度，一星期服役六日時，得出其馬之自身重量之 $\frac{1}{10}$ 即 10%之力，因之自重 360.kg.之馬，得謂其有 36.kg. 之牽引力。

今使 T = 馬之牽引力，

V = 馬之速度，

$W = \text{工作量},$

則 $W = T \cdot V \dots\dots\dots(18)$

若由上式求牽引力，則

$$T = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(19)$$

由上式觀之，可知速度減少，得出較大之牽引力。故馬所能出之牽引力，於上述之限度內，如減少其勞動時間，則得增加其載重，其力反比於時間與速度。

馬之最大牽引力，依第 8 圖輓力係數表，約其自重之

$\frac{2}{3}$ (67%)，至 $\frac{1}{2}$ (50%) 之重量。普通之馬，曳行 150. m.

(\approx 500. ft.) 之距離以下時，依圖表，可知其能出自重之約 30% 之牽引力。馬欲開始牽引載重或欲越障礙物時，得出其自重之 50% 之力，一日中，長時間以 15.6 Km./Day (28.0 里/日) 之速力被驅策時，以 13% 為最大。故普通作為 10%，則較安全也。

又馬數頭組成一隊，而服役於同一之勞役時，其有效牽引力，非與其頭數成正比例而增加。

茲示百分比如下。

圖 8

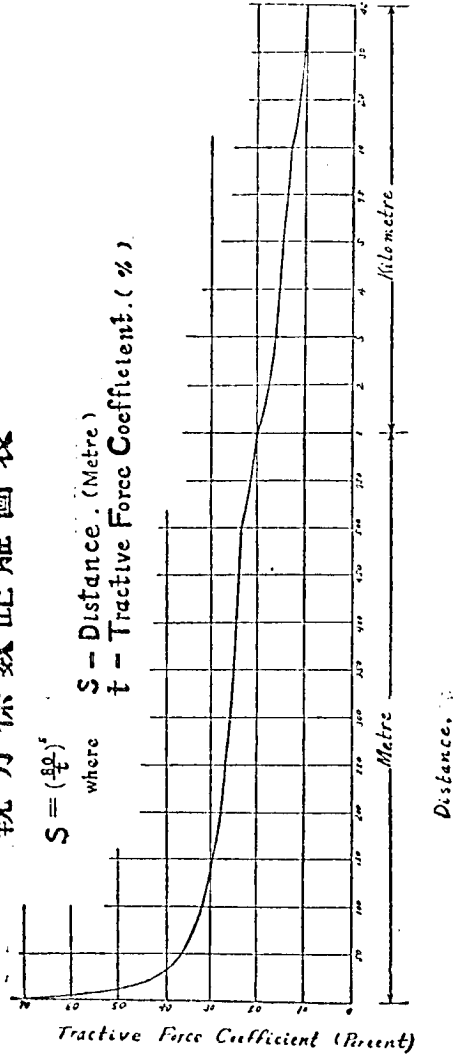
輓力係數距離圖表

$$S = \left(\frac{S_0}{t}\right)^2$$

where

S - Distance. (Metre)

t - Tractive Force Coefficient. (%)



Tractive Force Coefficient (Percent)

Distance, M

第7表 依馬之頭數與牽引力之比例

馬之頭數	牽 引 力 之 比 例
1	$1 \times 100\% = 1.00$
2	$2 \times 95\% = 1.90$
3	$3 \times 85\% = 2.55$
4	$4 \times 80\% = 3.20$

[例 1],

求重量 360. kg. 之馬, 以 4.0 Km. /H. ($\doteq 1.1 \text{ m. /sec.}$) 之速度, 一秒間所爲之工作量。又有其工作量, 使速度爲 3.2 Km. /H. ($\doteq 0.9 \text{ m. /sec.}$), 此時該馬得出之牽引力若干。

[解] $W = T \cdot V,$

$$= 360. \times 1.1 = 396 \text{ M. kg. /sec.}$$

以上述之條件, 使速度爲 3.2 Km/H ($\doteq 0.9 \text{ m. /sec.}$) 時, 則

$$T = \frac{W}{V}$$

$$= \frac{396}{0.9} = 440 \text{ kg.}$$

第二節 馬之牽引力與坡度之關係

馬載重上坡時之有效牽引力, 乃爲牽引其自重之力之餘力, 卽由馬於平坦路能出之牽引力減去坡度抵抗之牽引力是也。坡度抵抗, 從坡度角之增大而加大, 已如前述, 故有效牽引力, 從坡度角之增加而減少也明矣。此外, 於斜面上行駛, 馬之自身不

能如在平坦路上得自由發揮其牽引力，因而駐足亦不穩固，故於實際，尚須減殺其力。

今僅就坡度與馬之牽引力之關係，以式示之如次。

$$T = t \cdot w - g \cdot w = w(t - g) \dots\dots\dots(20)$$

式中 T = 坡度上之有效牽引力，

w = 馬之自重，

t = 在平坦路上馬之牽引力與馬之重量之比(%)，

g = 以百分比表示之坡度，

今設於平坦路上，馬之牽引力，為其自重之 10%，則上式成爲

$$T = w(10 - g) \dots\dots\dots(21)$$

今使坡度 g 爲 $\frac{1}{40}$ 即 2.5%，則

$$T = w(10 - 2.5) = 7.5 \times w \dots\dots\dots(22)$$

即示馬之自重之 7.5% 爲其坡度上之有效牽引力，於(21)式，若坡度漸次增加， $g=10\%$ 時，則 $T=0$ ，換言之，即坡度漸次加增，達於 10% 時，牽引力完全爲坡度抵抗所減殺，結局馬之有效牽引力，乃基因於馬之牽引力 t 與坡度率 g 之大小。

[例 2]，

重量 450. kg. 之馬，以 4.0Km./H. 即 1.1m./sec. 之速度，登坡度 $\frac{1}{40}$ (2.5%) 之坡路時，此馬一秒間之工作量幾何，但此馬一星期內勞動六日，一日服役十時，馬之平均牽引力，爲其自重之 1/10。

[解]

$$\begin{aligned}
 T &= w(t-g) \\
 &= 450(10-2.5) \doteq 338. \text{ kg.} \\
 W &= T \cdot V = 338 \times 1.1 \doteq 372 \text{ Kg. M/Sec.}
 \end{aligned}$$

第三節 坡路上馬之最大牽引載重

依前節(20)式所求之輓力，雖為普通馬得出之有效牽引力，但由此力而得曳上之最大載重，得依次列之關係式求之。

使 L = 坡路上得曳上之最大載重，

C = 路面之迴轉摩擦係數，

w = 馬之重量，

t = 在平坦路上馬之牽引力與自重之比(%)

g = 坡度(%)

$$w \cdot t - w \cdot g = c \cdot L + g \cdot L \dots\dots\dots(23)$$

$$\therefore w(t-g) = L(c+g)$$

$$\therefore L = w \frac{t-g}{c+g} \dots\dots\dots(24)$$

[例 3]，

求自重450kg.之馬，於坡度1/25之坡路，能曳上之最大載重

。但馬之牽引力為其自重之1/10， C 之值，採用馬克達路

之平均值 3%。

[解]

$$t = \frac{1}{10} = 10\%,$$

$$g = \frac{1}{25} = 4. \%.$$

$$w = 450 \text{ kg.}$$

$$c = 3\%$$

$$\begin{aligned} \therefore L &= w \frac{t-g}{c+g} \\ &= 450. \times \frac{10-4}{3+4} \doteq 385.7 \text{ kg.} \end{aligned}$$

[例 4]

重量 450 kg 之馬，牽引載重 1,500. kg 之馬車，欲沿坡路而曳上之，求其最大坡度。

但馬之牽引力為其自重之 $\frac{1}{2}$ ， c 之值為 3%。

[解]

依(23)式，

$$w.t - w.g = L.c + L.g$$

$$\begin{aligned} \therefore g &= \frac{w.t - C.L}{w+L} \\ &= \frac{450 \times 50 - 3.0 \times 1500}{450 + 1500} \doteq 9.23 \doteq \frac{1}{11} \end{aligned}$$

故此時若欲曳上 1500. kg. 之載重，路面之坡度，須使之在 $\frac{1}{11}$ 以下。

第四節 車輛運行之動力決定

動力 (Motive Power)，通常以馬力 (Horse Power) 數表示之，不外於單位時間所成之工作量，此工作量乃速度與牽引抵抗之相乘積，今以 H. P. 表示車輛進行所要之有效馬力數，得依

次式求之。

$$H.P. = \frac{R \cdot V}{75} \dots\dots\dots(25)$$

上式中 R = 車輛之全牽引抵抗(kg.),
V = 速度(Meter/Hour),

但發動機關所謂工作量,不能完全利用,其一部消耗於各部之發熱,今設車輛內諸裝置間之有效率為 n, 發動機關本來之馬力數,設以 H.P. 表示之,則

$$H.P. = \frac{R \cdot V}{n \cdot 75} \dots\dots\dots(26)$$

此式凡應用發動機關力之一切車輛,俱得適用之。今車輛欲無空轉而進行,輪胎與路面間之滑動摩擦力,必須大於全牽引抵抗,其摩擦力為 U·Q, 但 U 乃輪胎與路面間所生之滑動摩擦係數, Q 乃起動軸上之負重,故牽引抵抗 R 之最大限度應為 U·Q。

今使迴轉摩擦係數為 C, 則上列(25)式中之 R, 乃為次列各種情形之牽引抵抗力 R₁ R₂ R₃ 是也。

以緩速度進行於水平路上,無考慮空氣抵抗之必要時,

$$R_1 = C \cdot Q \dots\dots\dots(a)$$

若考慮空氣抵抗 Ar 時,則

$$R_2 = C \cdot Q + Ar \dots\dots\dots(b)$$

進行於坡路上時,則

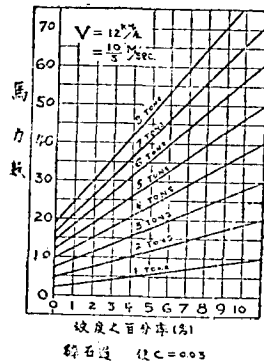
$$R_3 = Q(c + g) + Ar \dots\dots\dots(c)$$

(c)式之 g, 乃以幾分之一表示之坡度。

坡度及於馬力數之影響,坡度雖僅少增加,而馬力數則非相

當增加不可，故如汽車道路，於可能範圍內，務求坡度緩和。今依(26)式，示1噸至8噸之貨物汽車之馬力數與坡度之百分率如第9圖。

圖 9



當車輛設計之際，依使用之目的，豫先概定其車輛之全重量，最大速度，並車輛要求所需之路面性質及狀態等，茲根據上項概定，以決定馬力數，設例如次。

[例 5]

對於全重量 8.0 美噸之貨物汽車，在水平之國道上，要求有 12. Km./H. 之速度，問其發動機所要之馬力數若干。

但車輛內部傳導裝置之有效率為 0.5，國道礫石路迴轉磨擦係數為 0.03。

[解]

因係緩速度，空氣抵抗，可不必考慮，故

$$\begin{aligned} \text{抵抗} \quad R &= C \cdot Q \\ &= 7,257.6 \text{ kg.} \times 0.03 = 217.7 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\text{速度} \quad V = \frac{12,000}{3,600} = \frac{10}{3} \text{ m./Sec.}$$

$$\begin{aligned} \text{故馬力數 H.P.} &= \frac{R \cdot V}{n \cdot 75} \\ &= \frac{217.7 \times \frac{10}{3}}{0.5 \times 75} \doteq 19.3 \end{aligned}$$

即在水平路上行駛，約需 19.3 馬力。

今欲知坡度與馬力數之關係，以增加 1% 及 2% 之坡度觀之，由(c)式，得 R 之值為 290.3 kg. 及 362.9 kg.，代入此值於(26)式，則得應增大至 25.7 H.P. 及 33.2 H.P. 之數，故道路在可能範圍內，務求坡度改小。

設以車輛之後軸為起動軸，前軸與後軸上之重要分配比，使等於 2:3 時，國道之坡度，得昇至若干程度，亦得算定如次，即車輛登坡時所要之全抗抵為 $(c+g)Q$ ，則得

$$UQ > (c+g)Q$$

之關係式，即

$$U > (c+g)$$

此時若使 $c=0.03$ ，橡皮輪胎與礫石路間之滑動摩擦係數 U 之值為 0.2 時，則

$$0.2 > 0.03 + g$$

$$\therefore g > 0.17$$

$$\therefore g > \frac{1}{6}$$

今若依路面濕潤等之理由，及路面材料之性質，使 $U=0.04$ ， e 之值，如於片瀝青鋪路 (Sheet Asphalt Pavement)，使為 0.02 ，則

$$0.04 > 0.02 + g$$

$$\therefore g > 0.02 \div \frac{1}{50}$$

如上例所述，可知欲使車輛得安全通過，須先知路面材之滑動摩擦係數，然後決定其坡度，使車輛進行能力不至低下；其坡度，須適應於各種路面材而決定之。又關於汽車牽引動力之馬力數，車輛之牽引抵抗愈小，即動力較小亦足進行，故坡度以小為良，又路面抵抗，亦有使其改小之必要。

第五章 縱斷坡度

第一節 總說

縱斷坡度 (Longitudinal Slope) 者，乃路線縱斷面計劃線 (Formation Line of Profile.) 之傾斜，以其距離與兩端之高差之比而表示之坡度是也，例如於 20. m. 之距離，若有 1. 0m. 之昇降，則謂為有 5% 即 1:20 之坡度。從道路本來之目的着想，因坡度而使交通能率低下，似無設置之必要。

當坡度決定之際，須使之能供應通行之積載相當之載重之汽車及馬車等，能安全昇降，同時再考慮鋪面之種類，質之易滑者，則其坡度，務求緩和，以謀安全。又從排水上着想，必須具有能使集合於路側側溝之水，能達流去之程度之坡度。且當路盤築造之際，土方費之關係上，掘填土量，務求其相等，而為計劃坡度線之選定，乃重要之事。故當坡度決定之際，詳細斟酌上述諸條件，而決定適當之坡度為通例。

今由道路主要目的之貨物運輸方面着想，其坡度大略如次，並不得超過之。

對於輸送輕快之貨物	1/50 ~ 1/100
對於輸送混合貨物	1/30
對於輸送遲緩之貨物	1/20

第二節 最大坡度

最大坡度(Maximum Grade)者，道路面上之交通物，沿坡路而上昇或降下時，能得安全通過之最大限度之坡度是也。故最大坡度，依鋪面之種類，車輛之種類，速度，載重之大小，及動力之大小等而異。例如馬，於其力則有限制，汽車，則依其機關之大小，其馬力數有增減，而其最大牽引力，則依路面與輪胎間之滑動摩擦力之制限而不同。

今示決定最大坡度之公式如次。

- 使 L = 貨物總載重，
 C = 輪胎與路面間之摩擦係數，
 α = 坡度角，
 T_1 = 上昇時之最大有效牽引力，
 T_2 = 下降時之最大有效牽引力，
 R = 最大有效牽引抵抗，

$$\text{則 } R = (C + \sin\alpha)L$$

T_1 須大於 R 乃得上昇，故

$$T_1 > (C + \sin\alpha)L$$

$$\text{即 } \sin\alpha < \frac{T_1}{L} - C \dots \dots \dots (27)$$

依此式，得求最大坡度 α 。

下降時，須避車輛之疾駛，故 $\sin\alpha$ 值，不得超過 C 值，故

$$(C - \sin\alpha)L < T_2$$

要之，須滿足

$$\sin\alpha < C \dots \dots \dots (28)$$

之條件以決定 α 。

然後比較上昇時之 $\text{Sin}\alpha$ 與下降時之 $\text{Sin}\alpha$ ，兩者中之小者，即為其最大坡度也。C之值，已如前所述，依路之種類而不同，次列記關於各種路面之最大坡度。

第 8' 表

路 面 之 種 類	最 大 坡 度
瀝青鋪路	1:40
碎石鋪路	1:30
磚鋪路	1:20
木塊鋪路	1:20
土路	1:8
石塊鋪路	15%
木塊鋪路	4%
磚路	15%
土路	12%
礫石路	12%
碎石路	12%
瀝青鋪路	8%
瀝青混凝土鋪路	8%
人造水泥混凝土鋪路	8%
片瀝青鋪路	5%

依南京市工務局道路設計準則，有如下述之規定。

「道路縱斷坡度，主要幹路須在 $\frac{1}{30}$ ，次要幹路須在 $\frac{1}{25}$ 以

下，但於特殊情形之處，得用為 $\frac{1}{15}$ ，又於山岳地，不得已時，得用為 $\frac{1}{10}$ ，但其長不得超過七十公尺」。

「坡度比 $\frac{1}{25}$ 大之坡路，長不得超過下記限制，如超過時，須於下記限制長度以內，設坡度 $\frac{1}{50}$ 以下長四十公尺以上之緩衝地帶」。

縱斷坡度	一處最大長(公尺)
1:25	650
1:20	330
1:15	150
1:10	70

又 1:25 以上之坡度，二個以上相連續時，依對於其坡度之限制長，換算之為一坡度之坡路長，而準用上列之規定。

第三節 最小坡度

最小坡度 (Minimum Grade) 者，道路築造時之最緩坡度是也。普通道路，依其修築目的着想，固當築造平坦路，以發揮交通能率，但從道路之維持及修繕各點着想時，則以具有多少之坡度為得策。又凡道路，須謀排水之完全，若排水不完全時，不惟阻礙交通能率，且大有影響於道路自身之壽命，降於路面之雨水，由橫斷坡度而流入於兩旁側溝，如路面為土路或礫石路等表面不緻密堅硬時，因車輛通行之頻繁，易生車轍，雨水停滯於車轍中，

阻礙其流於側溝，若此時道路無縱斷坡度，則雨水漸滲透於路盤中，路盤即因之軟化，並減少其支持力，反之，若有縱斷坡度時，車轍即成爲小溝，流去其雨水，終入於側溝，而放入於附近之河流池沼等，此外於暴雨之際，路面自然爲雨水所洗淨，其塵土則化爲泥水，因循縱斷坡度而流下，因上述之理由，除特殊處所之外，有設置最小坡度之必要，固不待言也。

坡度之程度，依路面材料之性質而不同，路面材料愈良，則坡度得愈緩，若爲街路，因地形上之關係，需要較長之平坦路時，其橫斷坡度，則使之較大，只於側溝，則附以相當之坡度，此乃有利之辦法也。

外國於碎石路所用之最小坡度，今列舉之如次。

國名	最小坡度	
英	1/80	1.25%
法	1/125	0.80%
美	1/200	0.50%

又於路面材良好之道路，依某人之說則如次。

鋪路別	最小坡度	
瀝青及木塊鋪路	1/450	0.22%
磚鋪路	1/400~1/200	0.25~0.50%
石塊鋪路	1/130	0.75%

如爲濕凝土鋪路之街路，旁有 L 形側溝且每隔 20 公尺有溝頭之設備，溝頭並連接於路下之下水主管時，則在 40 公尺左右之距離內，雖爲水平亦無礙。

第四節 曲線部之坡度限制

曲線處所，務必避免坡路之築造，如因地形上之關係，有不得已者，此時因坡度抵抗，相當損失其力量之外，又因車輛通過屈曲部時，應需勝任輪胎與路面間所生之抵抗，又於交通上每遭不測之事故，故急坡度之處所，如插入急曲線時，坡度與曲線兩者之中，有緩和其一之必要。

對於此事，於美國加利佛尼亞(California)省，6% 以下之坡度時，用次列之標準。

$$S = 6\% - \frac{75}{R} \dots\dots\dots(29)$$

式中 S = 坡度之百分率，

R = 曲線半徑(ft.)，

又依日本內務省道路構造令之規定，則如次。

$$\frac{R}{S} \geq 750 \dots\dots\dots(30)$$

[例 1]

曲線半徑 60 公尺，求其限制坡度。

[解]

依(29)式，則

$$\begin{aligned} S &= 6\% - \frac{75}{R} \\ &= 6 - \frac{75}{60} = 5.6\% \\ &\div \frac{1}{18} \end{aligned}$$

依(30)式,則

$$\begin{aligned} S &= \frac{R}{750} \\ &= \frac{60}{750} \doteq 8\% \\ &\doteq 1/12 \end{aligned}$$

第五節 其他情形之限制

前節所述之曲線部之限制外,道路與鐵道爲平面交叉時,爲防止種種之危險,亦有限制其坡度,依南京市工務局道路設計準則,道路與鐵道交叉點之前後,須設置 60 公尺以上之直線部,其坡度不得急於 $\frac{1}{50}$ 。

此外於橋梁亦然,依日本內務省道路構造令,橋梁前後長 10 公尺以上之區間,其坡度不得比 $\frac{1}{50}$ 大。

第六章 道路之寬度

第一節 總說

道路之寬度，依其修築之所在，須有適於貨物之通行，及對於車輛運轉，行人之往來，能使交通安全而定之。又視山道，鄉間道，汽車用道之別，而其寬度各有不同。於我國，除數大都市之外，即街道亦無人行道與車行道之別，至國道，省道，縣道等，更無待論，實一大遺憾也。

道路寬度之廣狹，於交通能率，大有關係，概言之，寬度愈大，則交通能率亦愈大，此乃一般之原則。但徒取廣大之寬度，則需極大建築費，維持費，及土地收買等費。但城市道路之寬大者，一朝有火災之際，則成爲防火之線，而於人口稠密之都市，得緩和其密度，並可保持健康等種種之益處。

道路寬度決定之際，有種種事項，不得不加考慮，茲舉其應考慮之主要事項如次。

第二節 依車輛之寬度與速度

車輛寬度，乃決定道路寬度之主要事項之一。數年前，於美國召集之道路委員會，於汽車之通行相當頻繁之處，對於一車線，雖規定爲 2.1 公尺(約 7.0 ft.)至 2.4 公尺(約 8.0 ft.)，尙認爲不足，最近決定爲 2.7 公尺(約 9.0 ft.)至 3.0 公尺(約 10 ft.)。西曆 1908 年，於法國巴黎召集之萬國道路會議，二車線

雖決定為 6.0 公尺(約 20 ft.)，但於英法二國，採用 6.0 公尺至 6.7 公尺(≐ 22. ft.) 之寬度。於實際，道路之寬度。必須有同時於同所二車輛能通行之寬度，今假定車輛之寬度為 2.4 公尺(約 8.0 ft.)，二車線之處，假定二車之間隔為 0.6 公尺(約 2.ft.)，車輛兩側，更各取 0.3 公尺(約 1.0 ft.) 之餘裕時，則必須 6.0 公尺之寬度，此外各側更增 0.9 公尺(約 3.0 ft.)，之路肩(Shoulder)寬度時，則成為 7.8 公尺(約 26. ft.)，即現今之道路寬度，結局得如下述之結論。

二車線，

最小 5.5 公尺(約 18. ft.)，更稍留餘地，則為 6.0 公尺(20. ft.)，每增一車，則加 2.7 公尺(約 9. ft.)，

三車線，

最小 8.0 公尺(約 27. ft.)，此外更設適當之路肩寬度，又視交通繁閑之程度，多少加減之。

四車線，

最小 11.0 公尺(約 36. ft.)，此外更取適當之路肩寬度，又依交通繁閑之程度，多少加減之。

四車線以上，

四車線以上增大其寬度時，則從新築造之為有利。

現今有所謂六車線者，即於四車線外更加算電車線路，即成為六車線是也。

決定道路之寬度，可用次引之實驗公式。

$$W = w + c + \frac{10S}{565} \dots \dots \dots (31)$$

式中 W = 道路之寬度(公尺)
 w = 車輛之最大全寬度(公尺)
 S = 車輛之最大速度(Km./H.)
 C = 定數 = 0.152 ~ 0.485

茲表示外國車輛之寬度如次

第9表 外國之車輛寬度

車輛種類	車輛寬度
積家具之貨車	2.23 meters
公共乘用馬車	2.17 ,,
公共汽車	2.23 ,,
自用汽車	2.32 ,,
營業汽車	1.74 ,,
電車	2.42 ,,

一日間通過車輛數目與鋪路之最小寬度間之對照如次。

車輛數目	寬度	
3000 ~ 4000	6.0 m.	20. ft.
4000 ~ 5000	8.5 m.	28. ft.
5000 以上	8.5 ~ 9.1 m.	28. ~ 30. ft.

又理論上可依次式求之。

$$N = \frac{5280 \cdot Sa}{F\left(\frac{Sm^2}{10}\right) + L} \dots\dots\dots(32)$$

式中 N = 一時間之最大通過車輛數,
 S_a = 通過車輛之平均速度(mile/Hour),
 S_m = 通過車輛之最大速度(mile/Hour),
 F = 安全率(普通 2),
 L = 車輛長(feet),

又汽車一車線之寬度,必需2.7公尺(= 9.ft.) 若知一時間之最大交通車輛數目時,其車輛列數,得依次式求之。

$$N_f = 2 + \frac{N}{250} \dots \dots \dots (33)$$

式中 N_f = 車輛列數,
 N = 一時間之最大通過車輛數目,

故車道之寬度,得依次式求之。

$$F_b = 9 \cdot N_f \dots \dots \dots (34)$$

上式中

F_b = 車道寬度(feet),
 N_f = 車輛列數,

又設置電車等之複線軌道時,得依次式決定其寬度。

$$F_b = 9 \cdot N_f + 20' \dots \dots \dots (35)$$

$$F_b = 9 \cdot N_f + 18' \cdot 5 \dots \dots \dots (36)$$

上式中

F_b = 車道寬度(feet),
 N_f = 車輛列數,

(35)式於路心電桿 (Center Pole), (36)式於兩側電桿

(Side Pole) 之處適用之。

[例 1],

外國之最大車輛寬度為 2.42 公尺，求二車線之道路寬度，
但車輛之速度為 32.2 km./H.。

[解]

由(31)式，

$$W = w + c + \frac{10 \cdot S}{535}$$

$$= 2 \times 2.42 + 0.485 + \frac{10 \times 32.2}{565} = 6.0 \text{ m,}$$

即所求道路之寬度需 6.0 公尺。

[例 2]

通過車輛之平均速度 10. mile/Hour，最大速度為 20、
mile/H.，車輛長為 15.ft.，求一時間之通過車輛數。

[解]

由(32)式

$$N = \frac{5280 \cdot S_a}{F\left(\frac{S_m^2}{10}\right) + L}$$

$$= \frac{5280 \cdot 10}{2\left(\frac{20^2}{10}\right) + 15} \div 556$$

即 556 輛。

此 556 輛，乃車道兩方向之數，一方向之數，則為 278 輛。

[例 3]

與例 2 有同一之條件，決定各種車道之寬度。

[解]

依前例

$$N = 556,$$

故車輛列數

$$\begin{aligned} Nf &= 2 + \frac{N}{250} \\ &= 2 + \frac{556}{250} \doteq 4.0 \end{aligned}$$

代入此值於(34),(35),(36)式中，則得各種車道之寬度。

無電車軌道設備時，

$$\begin{aligned} Fb &= 9 \cdot Nf \\ &= 9 \times 4 = 36 \text{ ft. } (\doteq 11 \text{ m.}), \end{aligned}$$

有複線軌道之設備，採用路心電桿時，

$$\begin{aligned} Fb &= 9 \cdot Nf + 20 \\ &= 9 \times 4 + 20 = 56 \text{ ft. } (\doteq 17 \text{ m.}), \end{aligned}$$

設置兩側電桿式之軌道時，

$$\begin{aligned} Fb &= 9 \cdot Nf + 18.5 \\ &= 9 \times 4 + 18.5 = 54.5 \text{ ft. } (\doteq 16.5 \text{ m.}). \end{aligned}$$

第三節 依車輛連結之長度

於市街道路，因特種機械類之運輸，每每以車輪二三輛相連接通行者有之，而於地方道路亦然，道路寬度決定時，對於此項亦需充分考慮，各國警察應貨車取締規則，對於牛馬車積載之貨

物長度，及其貨車准許通行道路之寬度，俱有規定，其原因蓋貨車積載長大之物，通過曲線部份時，對於其他通行者，大有危險，又滿載車輛，難於通行狹路之故也，故車輪相連結之長度，大有關係於道路寬度之大小。

第四節 依裝載貨物之寬度

對於此項，近來世界各國，殆有同樣之規定，其最大寬度，約為 2.13 公尺(8. ft.)。

第五節 依其他之條件

其他應考慮之事項，即如路面失之過狹，對於路基不堅固之道路，(如填土而成之道路)，因受重量較大之運貨汽車及路面滾壓機等通行時，路肩有崩壞之虞，因此應予設置約 0.9 公尺(3. ft.) 之路肩用地，以策安全，此外，如現今高速度車輛通過之際，於危險之處，設柵以防不測，又郵筒，電柱，路燈桿，電車乘降安全地帶等之設置，需占用路面時，於道路寬度之決定上，亦需充分考慮之。

一般路面寬度過狹時，則路面破損之程度較大，結局由維持修繕之點思之，仍非經濟。

依日本內務省道路構造會，對於地方道路，有如下之規定。

第 10 表

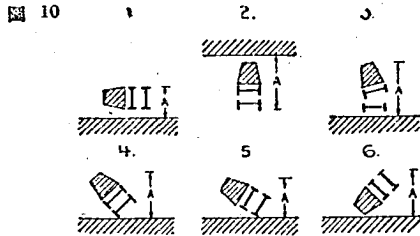
道路分類	最小有效寬度
國道	7.3 m.

縣道	5.5 m.
市道	5.5 m.
村鎮道	3.6 m.

上之規定，乃示其最小限度，此外尚須添加路旁植樹地，及側溝敷用地之寬度 5.5 公尺內外，又對於市街道路，於次節詳述之。

第六節 街道之寬度

街路，普通分成步道車道而築造之，街路車道寬度之決定方法，與地方道路相同，依交通量，車輛速度，車輛寬度而決定之，於本章第一節至第五節已詳述之，其於街路，尚須考慮停車車輛之狀態，茲圖示之，如第10圖，約有六種。



第 11 表

No.	最小(m.)	最大(m.)	平均(m.)	備 考
No. 1	1.90	2.90	2.13	1815年英國之 調查
No. 2	3.70	6.70	5.35	
No. 3	2.65	4.85	3.72	
No. 4	3.30	5.50	4.36	

由上圖表觀之，決定車道之寬度，以 No.2 之停車狀態為標準，更留多少之餘地，庶幾無不足之感，即於 5.35m. 更留 1.0m. 之餘地，而為 6.35m.。

街路有電車軌道之設備時，因電車走行於一定之軌道上，其寬度之餘地，可較汽車等為少，於市街軌道，單行車道寬度約用 2.75 公尺 (9. ft.) 已足，要之以電車之最大寬度為一車線之寬度，則可也。

今於道路中央，設置二車線之軌道，於軌道兩側，造二車線之道路時，其全寬度依本章第二節及本節所述，最小當為

$$2 \times \{ \text{二車線道路寬度(最小 5.5m.)} \} + 2 \times 2.75 = 16.5\text{m.}$$

即六車線之道路寬度也，日本東京市，橫濱市等有路面電車之街路全寬度，最小為 22. 公尺，其中車道寬度為 16.6 公尺，步道寬度為 2.7 公尺。

第七節 步道寬度

步道(Side Walk)寬度，亦與車道相同，依交通物之大小，交通量，速度，沿道之狀態，行人之往來及停止之狀態而決定之，行人之量及其速度，比於車道之車輛，變化較少，但欲判定其交通量，甚屬困難，例如於世界交通量最大之紐約 (New York) 市布魯克林橋(Brooklyn Bridge)之公園路(Park Row)，一日中自午前八時三十分至午後六時三十分之十時間中，通行人有 296,000 人，即一時間平均人數為 29,600 人，一秒間 8 人之比例，而觀察其通常午後五時至午後五時十五分之十五分間之交通量為 4，

288 人,其中 3,378 人通行於一側之步道,約 3,000 人有同一之方向,一分間每寬 0.3 公尺(1. ft.)有 14.3 人之比例,此處之步道寬度,雖有 6.4 公尺(≐ 21. ft.),其中 1.5 公尺(5. ft.)至 1.8 公尺(6. ft.),被使用於建築線之內,僅 4.5 公尺(15. ft.)之寬度,有步道之功效,依紐約市之內規,步道,平均一分間,每 0.3 公尺,不得超過 6 人之比例,此內規由前記公園路 (Park Row) 之交通量觀之,不過約 40%。

人體之寬度,大體一人之平均為 0.76 公尺(2.5ft.),如軍隊等之整然行進時,則為 0.6 公尺(2.0 ft.),然於我國,雨天之際,持傘步行者多,比之於外國,其所占寬度更較大,故於上記寬度之外,尚需有多少之餘裕,又一般步行者,其步調多不一致,若使後者不致踏前者之踵,則於前後兩者一步之長外,必須取多少之餘裕,故前後之距離,一人分以 1.5 公尺(5. ft.)為當,由上所述而計算之,則一人所占之面積,必需 $0.76\text{m} \cdot (2.5\text{ft.}) \times 1.5\text{m} \cdot (5.\text{ft.})$ 即 1.14 平方公尺(12.5 平方英尺)。

於商店並列之處,步行者之速度,約為 3.2 Km./H. (2. miles./H.), 交通量較少之處,欲得追過緩行者而前進時,則於一人所占之寬度外,尚需一人所占之寬度,故能得自由追過前者,而步行之平均一人所占之寬度,為 1.2 公尺(4. ft.) 至 1.5 公尺 (5. ft.), 於面積則需 1.47 平方公尺至 2.25 平方公尺,故以 3.2 Km./H. 之速度,更考慮一日中交通量最多之時,每人予以 1.14 平方公尺之面積,則步道每寬 0.3 m, 每分間為 14 人之比例,次考慮自由追過前者而步行之情形,則一人予以 1.46 平

方公尺之面積，平均速度使爲 4.0 Km./H. (2.5 miles/H.) 卽 66.5 m/min. 時，則每步道寬度 0.3 m 之通過人數，一分間爲 11 人，然上述計算，完全未考慮鋪門之開閉，陳列，電桿，郵筒等建設之餘地，上之 11 人，雖約相當於紐約市內規之二倍，又通行之際，不僅求自由適意，更須考慮小兒，婦人等之通行，至少須使有六人之寬度，其他對於陳列及鋪面修飾，須置 0.6 m 至 0.9 m 之餘地，於我國，更考慮電桿及路傍植樹等時，再置相當之餘地。

對於步道寬度之決定，有公式如次。

$$B = 2.5 \left(2 + \frac{N}{3000} \right) \dots\dots\dots (37)$$

上式中 B = 步道兩側全寬度 (foot),
 N = 一時間之最大通行者數,

(注意)

B 乃步道全寬度，故於兩側設置時，則每側步道寬度爲 $\frac{1}{2} B$ 。

決定步道之寬度，必須調查交通量，此交通量調查，頗非容易，依沿道住民職業之種類，建築物之層數，出入於此建築物人民之職業種類，得大體決定之。

一時而有多數人出入之時間，如大工場之放工時間，劇場之終了時刻，事務室較多之處，事務員，職工，僱員之出勤及退廳時間等是也，工場校學等之出入數量，得以其建築物之大小及層數而推察之，前述乃交通量頻繁之處，至交通量閒散之處及市外道路，步道亦需相當之寬度，雖於步行者極少之部份，亦必須有

一人所占之寬度，但普通則取二人所占之寬度，即二人於同時同地，得自由追過之寬度是也，步道最小約為 1.2 公尺，最大約為 3.6 公尺。

依南京市道路設計標準則，步道寬度，須有路全寬度 $\frac{1}{6}$ 以上。

步道因有特別之事情時，或不設置或設置狹小者有之，例如工場或倉庫之建築地域，或以卸賣為主之商業地，鐵路停車場建築地內等是也，沿山岳地之街路，省略其一側之步道者有之，反此於大製造工場及事務所等存在之街路，則需有較寬大之步道。

第八節 南京市及外國之道路寬度

第 12 表

南京市街道寬度表

街路全寬度(m.)	慢車道(m.)	快車道(m.)	步道(m.)	邊憩道(m.)
40	6. 2行	12.	5.	3. 2行
30		20.	5.	
28		18.	5.	
22		12.	3.	
18		9.	4.5	
12		6.	3.	

日本東京市街路寬度表

街路全寬度(m)	車道寬度(m)	步道寬度(m)
36.	24.	6.0
33.	22.	5.5
27.	18.	4.5
25.	16.	4.2
22.	14.	3.7
20.	13.	3.5
18.	11.	3.5
16.	10.	3.0
13.	7.	3.0
11.	6.	2.5

倫敦交通委員會道路寬度報告

道路種別	街路寬度	
主要大道	140.ft	42.7 m.
第一級街路	100.	30.5
第二級街路	80.	24.4
第三級街路	60.	18.3
第四級街路	40.-50.	12.2-15.2

關於柏林街路之普魯士法律

道路種別	最小街路寬度	
主要街路	95. ft.	29.0 m.
第二街路	65~95	19.8~29.0
第三地方街路	40~65	12.2~19.8

華 盛 頓

道路種別	街道寬度	
主要街路	160. ft.	48.8 m.
第二等街路	120.	36.5
地方街路	60~90	18.3~27.5

日本都市計劃委員會決定報告

道路種別	街路寬度
一， 廣 路	44.0 m.
二， 一等大路 第一類	36.0
第二類	27.0
第三類	22.0
三， 二等大路 第一類	18.0
第二類	15.0
第三類	11.0

次示我國及外國諸都市之著名大路寬度如次表

國 名	都 市 名	街 路 寬 度	
中國	南京	40. m.	132 ft.
法蘭西	巴黎	73.	240
德意志	柏林	58	190
英吉利	倫敦	36.5~44.2	120~145
德意志	柏林	36.5	120

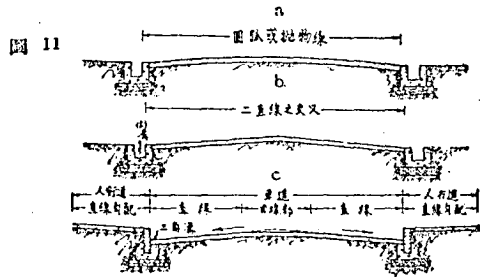
第七章 道路橫斷面

第一節 橫斷面之普通形狀

依道路本來之目的，自需求水平之路面，但由路面排水之點觀之，則需設橫斷坡度 (Crown)，使雨水易於流入排水溝，恆使中央高於兩側。

關於橫斷面之形狀，諸說紛歧，或用圓弧，或用拋物線或雙曲線，或用橢圓形，又有採用二直線於中央以圓弧連結之者。

現今道路橫斷面 (Cross Section) 之一般形狀，有次述之三種，即第 11 圖 a, b, c, 是也，(a) 乃圓弧 (Arc)，或拋物線 (Parabola)，(b) 乃於中央相交之二直線而形成者也，(c) 乃併用 (a) 與 (b) 而近似於雙曲線者也，茲就三者之中熟為良好，加以討論，三者俱大同小異，單就交通之便否與表面排水之點而比較之，大略得如次述之結論。



(a) 由普通路面觀之，側溝附近之坡度較陡急，雖適於表面雨水之集中，但一切交通物，有集中於路中央之傾向。

(b)側溝附近之部份，比其他坡度較緩，雖無集中交通物於一處之弊，但由排水之點觀之，因係直線，路面被交通物磨滅而生輪轍時，則水停滯於窪處，有阻礙排水之傾向。

普通所採用者，恆為拋物線，對於各種道路及鋪道之橫斷形，當於本章中再詳言之，又市街道路之橫斷形，與地方道路不同，市街道路有步道與車道之別，步道則向步道車道之境界所設之三角溝，設直線坡度，以便排水。

第二節 橫斷坡度

道路之橫斷坡度 (Crown)，所須適當之大度，考慮次述應事項而決定之。

(1)路面之性質及種類 由排水之點加以考慮，路面以不滲透性及平滑為佳，視路面良好之程度，得將坡度使之較小，故礫石路及碎石路，比瀝青鋪路等之良好鋪路，需有較大之坡度。

(2)縱斷坡度之大小 縱斷坡度與橫斷坡度，須相協力而努力於路面之排水，故縱斷坡度較大之處，則橫斷坡度較小亦可，南京市則有如第 14 表所示之規定。

(3)降雨之強度 此則依地方而不同，降雨強度大而坡度小時，則雨水有滯流於路面之虞。

(4)路面之廣狹 寬廣之路面，如用大坡度時，則路面有分成為小川而被流去之虞，路面狹小時，以其路面磨損較快，故普通宜付以較大之坡度。

(5) 通行車輛之速度 通行高速度車輛如汽車等之道路，苟橫斷坡度過急，則多危險，但於通行普通車馬之道路，則其危險之度少。

(6) 橫斷坡度失之過度時之缺點 橫斷坡度失之過大時，則起下述諸缺點。

(a) 集中交通物於中央，故中央部易生車轍，並較兩側易於磨滅。

(b) 若平滑而具不滲透性之路面，則有向橫方向滑倒之虞。

(c) 車載高度較大之貨物，有傾倒之危險，且使路寬減小。

橫斷坡度，以道路全寬之半，與道路中心高之比表示之，例如道路半寬度 10. m. 道路中心高 0.4 m.，則稱為有 1:25 即 1/25 即 4% 之坡度。

橫斷坡度之大度，如上所述，受種種事項之支配，今列記決定道路中心高之二三實驗公式如次。

安德魯洛茲窩忒 (Andrew Rose Water) 氏之公式。

$$C = \frac{W(100-4f)}{5000} \dots\dots\dots(38.a)$$

$$C = \frac{W(100-4f)}{600} \dots\dots\dots(38.b)$$

(38.a)式，適用於路面平滑之道路如瀝青鋪路等，(38.b)式，則適用路面粗糙之道路如馬克達路及石塊鋪路等。

巴爾的摩爾公式(Baltimore Rule)，

$$C = \frac{W}{1600} \dots \dots \dots (39.a)$$

$$C = \frac{W}{600} \dots \dots \dots (39.b)$$

(39.a)式,適用於縱斷坡度 20% 以下之磚,石塊,木塊等道路, (39.b)式,適用於縱斷坡度 9% 以下之瀝青鋪路。

華盛頓(Washington)公式,

$$C = \frac{W(100-4f)}{6300+500f^2} \dots \dots \dots (40.a)$$

$$C = \frac{W(100-4f)}{6300+50f^2} \dots \dots \dots (40.b)$$

(40.a)式,適用於片瀝青,瀝青混凝土(Asphalt Concrete)及木塊鋪路,此外各種鋪路則用(40.b)式。

上揭諸式中

C = 道路中心高(inch),

W = 兩路牙間之寬度(ft.),

f = 縱斷坡度(%),

雖有如上記種種之公式,日本內務省道路構造會有如次表之規定。

第 13 表

路面種類	橫 斷 坡 度	
	最 大	最 小
土砂路	1/12	1/25
礫石路	1/15	1/25
水結馬克達路	1/15	1/30

瀝青馬克達路	1/25	1/40
瀝青混凝土路	1/25	1/50
人造水泥混凝土路	1/30	1/50
磚鋪路	1/30	1/50
木塊鋪路	1/30	1/50
石塊鋪路	1/25	1/50
片瀝青鋪路	1/30	1/60

又於我南京市街路設計，則有次表之規定。

第 14 表

路面種類	縱橫坡度		
	1/60未滿	1/50~1/25	1/25以上
片瀝青路	} 1/40	1/60	1/80
木鋪道路			
水泥混凝土路			
石鋪路			
瀝青混凝土路	1/35	1/50	1/70
瀝青馬克達路	1/30	1/45	1/60
礫石及碎石路	1/25	1/35	1/50

步道除特殊情形外，有向車道設 1/30 至 1/60 之橫斷坡度之規定。

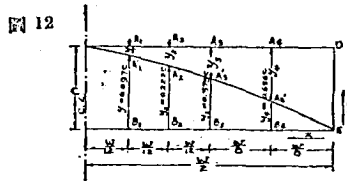
第三節 橫斷曲線設置法

一般鋪路之橫斷曲線 (Cross Sectional Curve)，採用以路頂

為頂點之雙曲線，於礫石路及碎石路時，則用於路頂相交之二拋物線，茲述此等曲線之設置法如次。

(1) 拋物線橫斷曲線 於第12圖，以 $W/2$ 為道路橫断面之半寬度，路寬之四分之一點 A_3 之落度 y_3 ，使等於 $3/8$ 高而求得 A'_3 ，以路頂 O 為頂點，過 A'_3E 作拋物線，作為路面橫斷曲線。

普通以三等分 OA_3 ，二等分 DA_3 ，而求得各點之落度，以決定其曲線形。



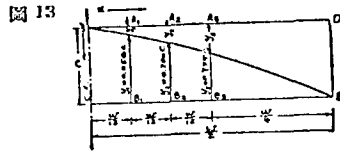
等式 $Y = C - \frac{3C}{W} X + \frac{2C}{W^2} X^2$ (41)

- 式中 W = 路寬，
 C = 路頂高，
 $Y_1 = 0.097c$
 $Y_2 = 0.222c$
 $Y_3 = 0.375c$
 $Y_4 = 0.656c$

依(41)式，若知路頂高(C)之值及路寬(W)之值時，則可求 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 之值，第15表，乃假定 C 值而算出之落度 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 之結果也。

(2) 雙曲線橫斷曲線 於第15圖,以 $W/2$ 為半路寬,路寬之四分之一點 A_3 之落度,使等於頂高之 $3/8$ 而求得 A'_3 ,以路頂 O 為頂點,過 A'_3 E 作如圖所示之雙曲線,以之為路面橫斷曲線。

A'_3 E 幾為直線,故實地施工上可作為直線,普通將三等分 OA_3 求各點之落度 Y_1, Y_2, Y_3 , 以決定曲線之形。



$$\begin{aligned} \text{等式 } Y &= \frac{C}{16} \left(-7 + \sqrt{49 + 1920 \frac{X^2}{W^2}} \right) \\ &= \frac{C}{16} \left(-7 + \sqrt{49 + \frac{40}{3} P^2} \right) \dots\dots\dots (42) \end{aligned}$$

式中 W = 全路寬,
 C = 路頂高,
 $P = \left(\text{以 } \frac{W}{12} \text{ 為單位長而表示之 } X \text{ 之數} \right)$
 $= \frac{12}{W} X$

- | | |
|----------|-----------------|
| $P = 1;$ | $Y_1 = 0.056 c$ |
| $P = 2;$ | $Y_2 = 0.200 c$ |
| $P = 3;$ | $Y_3 = 0.375 c$ |

若知 C 值,則依(42)式求得 Y_1, Y_2, Y_3 等之落度,第16表,乃假定 C 值而求得之落度 Y_1, Y_2, Y_3 之結果也。

第 15' 表

路面横断曲线落度表(抛物线)

C	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	C	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	C	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
1.0	.10	.22	.38	.66	4.1	.40	.90	1.54	2.71	7.2	.70	1.58	2.70	4.75
1.1	.11	.24	.41	.73	4.2	.41	.92	1.58	2.77	7.3	.71	1.61	2.74	4.82
1.2	.12	.26	.45	.79	4.3	.42	.95	1.61	2.84	7.4	.72	1.63	2.78	4.88
1.3	.13	.29	.49	.80	4.4	.43	.97	1.65	2.90	7.5	.73	1.65	2.81	4.95
1.4	.14	.31	.53	.92	4.5	.44	.99	1.65	2.97	7.6	.74	1.67	2.85	5.02
1.5	.15	.33	.56	.99	4.6	.45	1.01	1.73	3.04	7.7	.75	1.69	2.89	5.08
1.6	.16	.35	.60	1.06	4.7	.46	1.03	1.76	3.10	7.8	.76	1.72	2.93	5.15
1.7	.17	.37	.64	1.12	4.8	.47	1.06	1.80	3.17	7.9	.77	1.74	2.96	5.21
1.8	.18	.40	.68	1.19	4.9	.48	1.08	1.84	3.23	8.0	.78	1.76	3.00	5.28
1.9	.18	.42	.71	1.25	5.0	.49	1.10	1.88	3.30	8.1	.79	1.78	3.04	5.35
2.0	.19	.44	.75	1.32	5.1	.60	1.12	1.91	3.37	8.2	.80	1.80	3.08	5.41
2.1	.20	.46	.79	1.39	5.2	.61	1.14	1.95	3.43	8.3	.81	1.83	3.11	5.48
2.2	.21	.48	.83	1.45	5.3	.62	1.17	1.99	3.50	8.4	.82	1.85	3.15	5.54
2.3	.22	.51	.86	1.52	5.4	.63	1.19	2.03	3.56	8.5	.83	1.87	3.19	5.61
2.4	.23	.53	.90	1.58	5.5	.64	1.21	2.06	3.63	8.6	.84	1.89	3.23	5.68
2.5	.24	.55	.94	1.65	5.6	.65	1.23	2.10	3.70	8.7	.84	1.91	3.26	5.74
2.6	.25	.57	.98	1.72	5.7	.66	1.25	2.14	3.76	8.8	.85	1.94	3.30	5.81
2.7	.26	.59	1.01	1.78	5.8	.67	1.28	2.18	3.83	8.9	.86	1.96	3.34	5.87
2.8	.27	.62	1.05	1.85	5.9	.68	1.30	2.21	3.89	9.0	.87	1.98	3.38	5.94
2.9	.28	.64	1.09	1.91	6.0	.69	1.32	2.25	3.96	9.1	.88	2.00	3.41	6.01
3.0	.29	.66	1.13	1.98	6.1	.60	1.34	2.29	4.03	9.2	.89	2.02	3.45	6.07
3.1	.30	.68	1.16	2.05	6.2	.61	1.36	2.33	4.08	9.3	.90	2.05	3.49	6.14
3.2	.31	.70	1.20	2.11	6.3	.62	1.39	2.36	4.16	9.4	.91	2.07	3.53	6.20
3.3	.32	.73	1.24	2.17	6.4	.63	1.41	2.40	4.22	9.5	.92	2.09	3.56	6.27
3.4	.33	.75	1.28	2.24	6.5	.64	1.43	2.44	4.29	9.6	.93	2.11	3.60	6.34
3.5	.34	.77	1.31	2.31	6.6	.65	1.45	2.48	4.36	9.7	.94	2.13	3.64	6.40
3.6	.35	.79	1.35	2.38	6.7	.66	1.47	2.51	4.42	9.8	.95	2.16	3.68	6.47
3.7	.36	.81	1.39	2.44	6.8	.67	1.50	2.55	4.49	9.9	.96	2.18	3.71	6.53
3.8	.37	.84	1.43	2.51	6.9	.68	1.52	2.59	4.55	10.0	.97	2.20	3.75	6.60
3.9	.38	.86	1.46	2.57	7.0	.69	1.54	2.63	4.62					
4.0	.39	.88	1.50	2.64	7.1	.70	1.56	2.66	4.69					

第 16 表

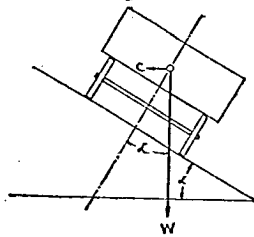
路面橫斷曲線落度表(雙曲線)

C	Y ₁	Y ₂	Y ₃	C	Y ₁	Y ₂	Y ₃	C	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1.0	.06	.20	.38	4.1	.23	.82	1.54	7.2	.40	1.44	2.70
1.1	.06	.22	.41	4.2	.24	.84	1.58	7.3	.41	1.46	2.74
1.2	.07	.24	.45	4.3	.24	.86	1.61	7.4	.41	1.48	2.78
1.3	.07	.26	.49	4.4	.25	.88	1.65	7.5	.42	1.50	2.81
1.4	.08	.28	.53	4.5	.25	.90	1.69	7.6	.43	1.52	2.85
1.5	.08	.30	.56	4.6	.26	.92	1.73	7.7	.43	1.54	2.89
1.6	.09	.32	.60	4.7	.26	.91	1.76	7.8	.44	1.56	2.93
1.7	.10	.34	.64	4.8	.27	.96	1.80	7.9	.44	1.58	2.96
1.8	.10	.36	.68	4.9	.27	.98	1.84	8.0	.45	1.60	3.00
1.9	.11	.38	.71	5.0	.28	1.00	1.88	8.1	.45	1.62	3.04
2.0	.11	.40	.75	5.1	.28	1.02	1.91	8.2	.46	1.64	3.08
2.1	.12	.42	.79	5.2	.29	1.04	1.95	8.3	.47	1.66	3.11
2.2	.12	.44	.83	5.3	.29	1.06	1.99	8.4	.47	1.68	3.15
2.3	.13	.46	.86	5.4	.30	1.08	2.03	8.5	.48	1.70	3.19
2.4	.13	.48	.90	5.5	.30	1.10	2.06	8.6	.48	1.72	3.23
2.5	.14	.50	.94	5.6	.31	1.12	2.10	8.7	.49	1.74	3.26
2.6	.15	.52	.98	5.7	.31	1.14	2.14	8.8	.49	1.76	3.30
2.7	.15	.54	1.01	5.8	.32	1.16	2.18	8.9	.50	1.78	3.34
2.8	.16	.56	1.05	5.9	.33	1.18	2.21	9.0	.50	1.80	3.38
2.9	.16	.58	1.09	6.0	.34	1.20	2.25	9.1	.51	1.82	3.41
3.0	.17	.60	1.13	6.1	.34	1.22	2.29	9.2	.52	1.84	3.45
3.1	.17	.62	1.16	6.2	.35	1.24	2.33	9.3	.52	1.86	3.49
3.2	.18	.64	1.20	6.3	.35	1.26	2.36	9.4	.53	1.88	3.53
3.3	.18	.66	1.24	6.4	.36	1.28	2.40	9.5	.53	1.90	3.56
3.4	.19	.68	1.28	6.5	.36	1.30	2.44	9.6	.54	1.92	3.60
3.5	.20	.70	1.31	6.6	.37	1.32	2.48	9.7	.54	1.94	3.64
3.6	.20	.72	1.35	6.7	.38	1.34	2.51	9.8	.55	1.96	3.68
3.7	.21	.74	1.39	6.8	.38	1.36	2.55	9.9	.55	1.98	3.71
3.8	.21	.76	1.43	6.9	.39	1.38	2.59	10.0	.56	2.00	3.75
3.9	.22	.78	1.46	7.0	.39	1.40	2.63				
4.0	.22	.80	1.50	7.1	.40	1.42	2.66				

第四節 偏高

高速度車輛駛行於道路轉灣處，車輛因遠心力之作用，即起有被投出於外方之傾向，及向外側滑倒之現象，如欲避免此等傾向，普通則使車輛在道路內側駛行之，然車輛速度愈大，則其危險愈增，又因滑動而路面所受之損傷亦愈大，故於現今，與鐵道同樣，於道路亦將曲線部之外側加高，以抵抗之，稱此外側加高之度為偏高 (Super Elevation)，車輛因遠心力而向外側滑動之原因，乃遠心力比輪胎與路面間之摩擦力較大之故，今將外側加高使之抵抗遠心力時，則有如(43)式之關係。

圖 14



$$\frac{Wv^2}{gR} \leq W(\tan\theta + f) \dots\dots\dots(43)$$

上式中，

- W = 車輛之全重量(Kg.)，
- f = 輪胎與路面間之摩擦係數，
- R = 曲線半徑(m.)，
- g = 地心之引力，

θ = 路面與水平線所成之角度，

v = 車輛速度 (m./Sec.)

$$C = \frac{Wv^2}{gR} = \text{遠心力，}$$

$W(\tan\theta + f) = \text{輪胎與路面間之摩擦力，}$

但假定 $\cos\theta \doteq 1$; $\sin\theta \doteq \tan\theta$,

故由前式 $v^2 \leq g \cdot R(\tan\theta + f) \dots\dots\dots(44)$

使 $V = \text{車輛速度 (km./H.)}$

$$g = 981 \text{ m./Sec.}$$

則 $V^2 \leq 3.6^2 V^2 \leq 3.6^2 g \cdot R(\tan\theta + f) \dots\dots\dots(45)$

$\therefore V \leq 3.6\sqrt{gR(\tan\theta + f)} \dots\dots\dots(46)$

由(46)式，若知曲線半徑 R ，路面與輪胎間之摩擦係數 f ，及橫斷坡度，則得對於此等既知項之車輛安全速度，今用此式，假定橫斷坡度 4%，6%，8%，半徑 10 乃至 1000 m， $f = \frac{1}{2}$ ，

$\frac{1}{10}$ ， $\frac{1}{30}$ 等，求得其結果如第 17 表及第 18 表。

摩擦係數 f 之值，路面在乾燥狀態時為 $\frac{1}{2}$ ，路面因雨雪而凍結時為 $\frac{1}{30}$ ，道路在雨雪凍結狀態而不便駛行汽車時，在實用上可如鐵軌與車輪，採用 $f = \frac{1}{10}$ 為適當。又知汽車之速度及橫斷坡度，則得求對於此等既知項之安全曲線半徑，此項計算可使用第 18 表之第 15 圖及第 16 圖較為便利。

次以(43)式為標準而求偏高之高度時，則有如次之關係。

$$\frac{Wv^2}{gR} = W\left(\frac{1}{x} + f\right) \dots \dots \dots (47)$$

但上式中 偏高 = $\frac{1}{x}$

今假定 $f = 1/10$,

則 $\frac{1}{x} = \frac{v^2}{gR} - \frac{1}{10} \dots \dots \dots (48)$

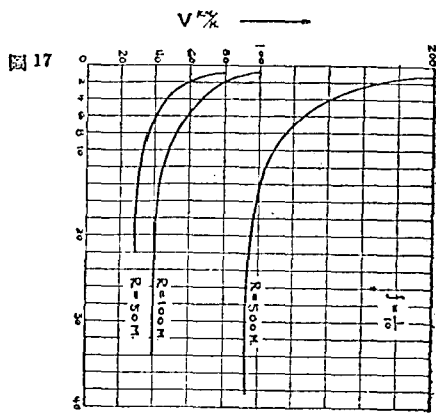
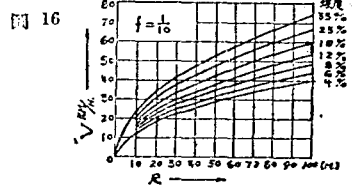
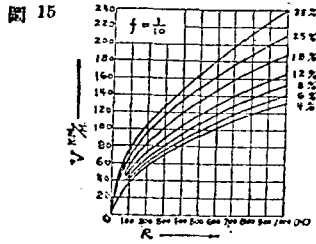
由(48)式,若知曲線半徑及車輛速度,即可算出其偏高,今圖示其結果,如第 15 圖。

第 17 表

橫 坡 半 徑 (m)	f=1/2			f=1/30		
	4%	6%	8%	4%	6%	8%
	V.Km./H.			V.Km./H.		
10	26.2	26.7	39.2	9.7	10.9	12.1
20	37.0	37.8	38.2	13.6	15.4	17.1
30	46.4	46.1	46.9	16.7	18.8	20.9
40	52.6	53.4	54.5	19.3	21.8	24.2
50	58.6	59.5	60.3	21.5	24.3	27.0
60	64.2	65.3	66.4	23.6	26.7	29.6
70	69.3	70.6	71.7	25.5	28.8	31.9
80	74.2	75.4	76.4	27.3	30.4	34.2
90	78.5	79.9	81.2	29.0	32.7	36.2
100	82.8	84.3	85.7	30.5	34.4	38.2
125	92.7	94.4	95.7	34.1	39.4	42.7
130	101.5	103.3	105.0	37.4	42.2	46.9
175	109.8	111.5	113.4	40.3	45.5	50.1
200	117.1	119.0	121.1	43.1	48.6	54.0
250	131.1	133.3	135.5	48.2	54.1	60.0
300	143.3	145.9	148.3	52.9	59.7	66.3
350	155.2	157.9	160.5	57.2	64.4	71.6
400	165.6	168.3	171.0	61.0	68.8	76.4

第 18 表

f=1/10							
橫 斷 坡 度	4%	6%	8%	12%	18%	25%	53%
半 徑 (m)	V.km./H.						
10	13.7	14.3	15.2	16.8	19.6	21.1	23.9
20	18.8	20.1	21.4	23.6	26.7	29.7	33.7
30	23.1	24.7	26.2	29.1	32.8	36.5	41.4
40	26.6	28.5	30.3	33.5	37.9	42.1	47.8
50	29.7	31.8	33.8	37.3	42.2	47.0	53.4
60	32.6	34.9	37.2	41.0	46.4	51.6	58.6
70	35.2	37.7	40.1	44.9	50.1	55.7	63.4
80	37.7	40.3	42.9	47.3	53.5	59.6	67.6
90	39.9	42.7	45.5	50.2	56.7	63.2	71.7
100	42.1	45.0	47.9	52.9	59.8	66.8	75.6
125	47.1	50.3	53.6	59.4	66.9	74.6	84.6
150	51.7	55.2	58.8	64.7	73.3	81.8	92.7
175	55.8	59.6	63.5	70.2	79.2	88.2	99.8
200	59.6	63.6	67.7	73.9	84.6	94.2	106.8
250	66.5	71.2	75.8	83.6	94.4	105.3	119.4
300	72.9	78.1	83.1	91.5	103.7	115.3	131.0
350	78.7	84.4	89.8	99.0	112.9	124.8	141.0
400	84.2	90.0	95.8	105.8	119.6	133.2	151.2
500	94.2	100.6	107.1	118.3	133.8	148.8	169.0
600	103.0	110.2	117.4	129.6	146.5	163.1	185.1
700	111.3	119.4	126.8	140.0	158.3	176.2	200.0
800	119.0	137.2	135.6	149.6	169.1	188.2	213.8
900	126.2	135.5	143.8	138.7	179.3	199.8	226.2
1000	133.2	142.3	152.0	167.4	189.2	211.1	239.5



[例一]

速度 25 mile/H. (40. Km/H.) 即約 11. m/Sec. 之車輛, 通過於路寬 5.5 m (18 ft.), 曲線半徑 61 m (200 ft.) 之處, 求其應設之偏高若干。

[解]

由(48)式

$$\begin{aligned}\frac{1}{x} &= \frac{v^2}{gR} - \frac{1}{10} \\ &= \frac{11. \times 11.}{9.81 \times 61} - \frac{1}{10} = \frac{1}{10}\end{aligned}$$

然因路寬為 5.5 m, 故

$$\text{偏高} = 5.5 \times \frac{1}{10} = 0.55 \text{ m} = 55 \text{ cm}.$$

由上例觀之, 對於路寬 5.5 m 之道路, 由計算應具之偏高為 55 cm, 然於實際, 對於汽車專用道路以外之各種高速度車輛混用道路, 則不適當, 若欲插入偏高時, 則須極緩。

美國加利佛尼亞(California)使用之公式, 較為簡單, 如次。

$$E = \frac{1}{2} + \frac{75}{R} \dots\dots\dots(49)$$

式中

E = 每路寬一呎之偏高量(inch),

R = 曲線半徑, (ft.),

由(49)式, 曲線半徑 61 m(200 ft.) 之處, 其路寬每呎之偏高量為 0.875 inch, 對於 5.5 m 之路寬, 則其偏高為 15.8 inch, (40. cm)。

次示一般公路之標準偏高如第 19 表,

第 19 表

P(半徑)m.	高度(橫斷坡度)	R(半徑)m.	曲線部寬度擴大量
100 以下	1/12	20以下	3 m 以上
100-125	1/13	20-30	2 ,,
125-150	1/14	30-60	1.5 ,,
150-200	1/15	60-120	1.0 ,,
200-250	1/18	120-200	0.7 ,,
150-300	1/20	200-300	0.5 ,,
300-350	1/25	300-400	0.3 ,,
350-400	1/30	400-500	0.2 ,,
400-500	1/35		

又屈曲部與直線部間橫斷坡度之變更，除特殊情形外，每長 1.0 m 以 0.1 m 之比例為標準。

結論： 偏高雖如上述，技術者應視道路之種類，處所及其他種種方面加以考察而適當採用之。

偏高插入法

偏高如第 18 圖所示，曲線始點(B. C.)及終點(E. C.)之間，插入其全高度為原則，但因地形上之關係，插入全高度時有不可能者，一般自曲線之始點或終點 30 m 至 60 m 之外側之位置起，漸次連結於頂高，此時使道路中心線為頂高，而加高其外側，減低其內側。

上述乃用於駛行汽車之道路，半徑在 300. m. 以上之處，普通可不插入高度，第 19 圖，乃偏高插入後之橫斷面之一例。

9

圖 18

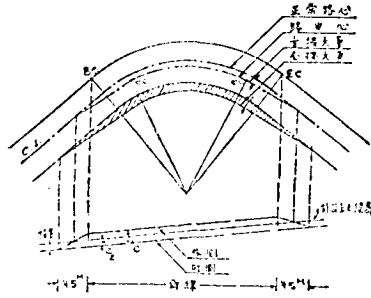
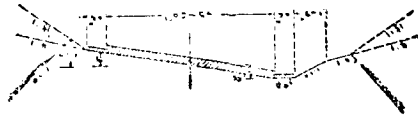


圖 19



第八章 曲線

第一節 總說

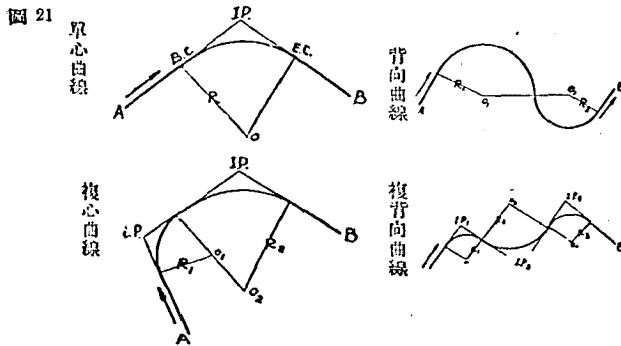
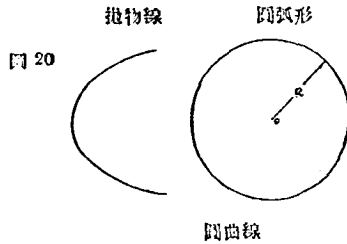
道路變換方向之處，恆插入曲線(Curve)，以謀交通之順利，又於山腹地帶建築道路時，每每插入曲線，以緩和其坡度。

第二節 曲線之種類及形狀

曲線之種類，有圓弧形(Circle)，拋物線(Parabola)等，道路之曲線，則以後者為便，因拋物線之性質上，曲線起點甚緩和，無過激變換方向之虞，而通於高速度車輛及貨物運輸之故也，但設置時較圓曲線為困難，則其缺點。圓形曲線，為一般所採用，其形狀如次圖所示，有單心曲線 (Simple Curve)，複心曲線 (Compound Curve)，背向曲線(S—Curve)，複背向曲線 (Double S—Curve)等，此等曲線，各有優劣，由交通順利上觀之，單心曲線次於複心曲線，背向曲線優於複背向曲線，但背向曲線，於現今高速度車輛發達之際，採用時應先加以充分之研究。

日本規定，半徑 120. ft. (36.3 m.) 以下之二曲線，背向設置時，其曲線相互之間，須設置一定之直線部以連結之。

曲線在原則上雖用大半徑者為良，但因地形上之關係，或交通量與速度，及路之坡度與寬度等，而限制其半徑者多。

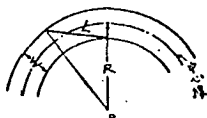


第三節 半徑之限制

(A) 依車馬連接長所受之限制

曲線半徑(Radius of Curve)之限制，依車馬之連結長而決定者最多，於城市道路，則不待論，即於鄉村道路，二馬以上成隊而牽引一車輛者，亦往往見之，此時曲線部，必須有是項車馬能得自由通行之半徑始可，當馬牽引車輛時，雙馬在車輛之前方，約有4.0 m.之長，每增一雙，則其長每增3.0 m.，日本東京市之運貨馬車之長為6.0 m.，若以四馬牽引時，則其全長為 $6+4+3=13.0$ m.，於歐美其連結全長為15.0 m.，故曲線部，必須有此項馬車之長度能得自由通行之半徑。

圖 22



今於第 22 圖,使

L = 車馬連結長(m.)

R = 道路中心半徑(m.)

W = 道路寬度(m.)

則半徑 R 之近似值,得依次式而求之。

$$R = \frac{L^2}{2W} \dots\dots\dots(50)$$

[例一]

車馬之連結長為 15.0 m., 道路寬度為 7.3 m., 求其曲線半徑。

[解]

由前式

$$R = \frac{L^2}{2W} \\ = \frac{15^2}{2 \times 7.3} = 15.4 \text{ m.}$$

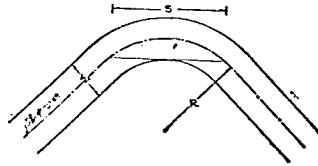
上之結果,對於車輛後部與牛馬之頭部間之餘地,完全未加考慮,實際上於上例求得結果之中,尚須留有 2.0 m 以上之餘地。

(B) 依曲線部直視距離所受之限制

於曲線部,為避免高速度車輛之正面衝突,或設置大半徑之曲線,使有相當之直視距離(The Length of Sight),俾兩方馳來

之車輛，於相見後，得使用制動器 (Brake) 安全停車，或用其他之特別方法，取相當之直視距離。此項必要直視距離之大小，依車輛之速度及制動器之構造而不同，如汽車，雖使用制動器能即時停車，但司機發現由前方駛來之汽車，而行制動之動作之間，非有相當之準備時間不可。此時設有以 32.186 Km/H (20 miles/H.) 之速力由雙方駛來之汽車，若其直視距離為 92 m. 時，兩車輛各以 32.186 Km./H. 即 8.9 m/Sec. 之速度，行走於 46.0 m. 之間，故兩車相會，須時 5 秒，故以 5. Sec. 為其停車準備時間，則已充分，普通以 100 meters 為直視距離。

圖 23



今於第 23 圖，使

R = 曲線半徑 (in meter)

W = 道路全寬度 (in meter)

S = 直視距離 (in meter)

則曲線半徑與直視距離之關係如次式。

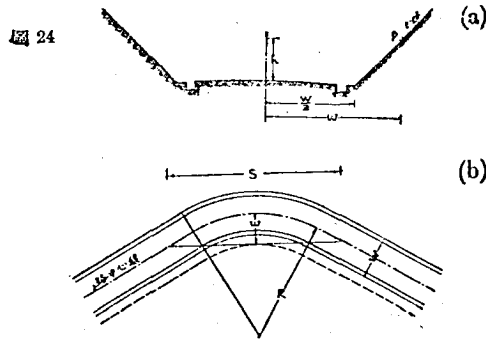
$$\frac{W}{2} \left(2R - \frac{W}{2} \right) = \left(\frac{S}{2} \right)^2$$

$$\therefore RW - \frac{W^2}{4} = \frac{S^2}{4}$$

$$\therefore R = \frac{W}{4} + \frac{S^2}{4W} \dots \dots \dots (51)$$

上式，乃僅就水平面推論所得之結果，如於實際，道路非水平而有多少之坡度，應由上式求得之值，尚須加多少之斟酌。

今於第 24 圖，曲線部內側，如(a)圖所示，係切土(Cutting)面時。



- 使
- h = 司機人之視線高，
 - W = 路寬(m.)，
 - w = 視線高之內側視界寬(m.)，
 - S = 直視距離(m.)，
 - R = 曲線半徑(m.)，

若視線通過側溝之外側上，則直視距離與曲線半徑之關係，如前式所示。

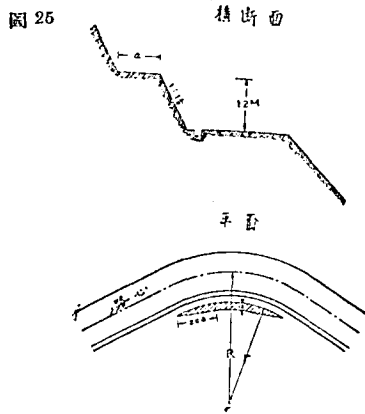
$$R = \frac{W}{4} + \frac{S^2}{4W}$$

但直視線，依視線高 h ，通過坡面之 P 點上，而得 w 之視界寬，故

$$R = \frac{w}{2} + \frac{S^2}{4W} \dots \dots \dots (52)$$

w 之值依 h 及切土面之坡度而不同。

又如第 25 圖，曲線內側為切土面，欲得相當之直視距離，而因地形上之關係，假定不能得相當之曲線半徑，此時可於曲線內側之切土斜面，切成階段形，以便直視。



此時階段之適當高度，自路面起約為 1.2 m. (4.0 ft.).

欲求階段寬 a 之值，先代入 R 及 S 於 (52) 式而求得 w，然後由視線高 h 及切土面坡度而求得道路中心至階緣之距離，由 w 值中減去此值，則得 a 值，此階段切土之距離，可用自曲線頂點前後，各 20 倍 a 之距離為適當，其階段寬度，在曲線頂點之處為 a，漸次減少，至 20 倍 a 之距離處，則 a=0，即復原為普通切土面。

又知曲線半徑 R 而欲求 w 或 a 之值，則以利用第 26 圖為便利。

[例二]

道路寬度 11.0 m. 欲得 100.0 m. 之直視距離，其曲線半徑應為若干。

[解]

於前 (51) 式，

$$W = 11.0 \text{ m.} \qquad S = 100.0 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} \therefore R &= \frac{W}{4} + \frac{S^2}{4W} \\ &= \frac{11}{4} + \frac{100^2}{4 \times 11} = \underline{\underline{230.0 \text{ m.}}} \end{aligned}$$

[例三]

如第 24 圖所示，道路之有效寬為 5.5 m.，其側溝及路肩用地各為 0.9 m.，視線通過側溝之外側及通過切土面上之二種情狀時，求欲得 100. m. 之直視距離之曲線半徑。但後者之視線高 h 為 1.7 m.。

[解]

視線通過側溝之外側時，

$$W = \left(\frac{5.5}{2} + 0.9 + 0.9 \right) \times 2 = 4.55 \text{ m.} \times 2$$

$$S = 100.0 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} \therefore R &= \frac{W}{4} + \frac{S^2}{4W} \\ &= \frac{4.55 \times 2}{4} + \frac{100^2}{4 \times 2 \times 4.55} = \underline{\underline{277.0 \text{ m.}}} \end{aligned}$$

視線通過切土面上時，

$$w = -\frac{W}{2} + 1.7 \times 1.5$$

$$= 4.55 + 2.55 = 7.1 \text{ m.}$$

但此時視線高為 1.7 m.，切土坡度為 1:1.5。

$$S = 100. \text{ m.}$$

$$R = -\frac{W}{2} + \frac{S^2}{8W}$$

$$= \frac{7.1}{2} + \frac{100^2}{8 \times 7.1} = \underline{180.0 \text{ m.}}$$

(C) 依車輛速度所受之限制

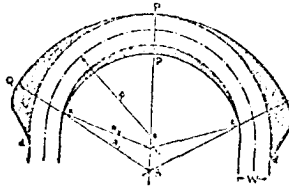
此項限制，曾於第七章第四節詳述之，茲不復贅。

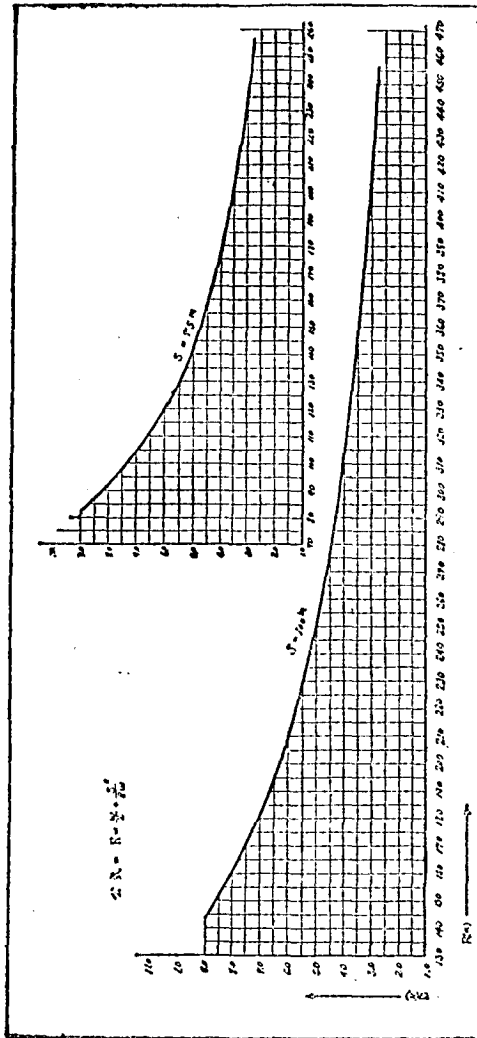
第四節 曲線部寬度之擴大

高速度車輛，通過道路之曲線部時，因遠心力，有投出於外側之傾向，欲求其安全，可較直線部，多少擴大其寬度，又同時，使之能得相當之直視距離，故寬度擴大時，須同時滿足此兩項目的。

此項擴大之量，依車輛及速度之大小，曲線半徑之長短而不同，此項擴大之量，固須施於曲線部之全體，而普通則如第 27 圖所示，於 Q, S 之部份，擴大之 P 之部分，則可完全不擴大。

圖 26





今如圖所示，求其最小半徑之式如次。

$$R_1 = \sqrt{\{R + 2(W + w)\}^2 + L^2} \dots \dots \dots (53)$$

式中 R_1 = 擴大曲線之最小半徑，

R = 內曲線之半徑，

W = 道路寬度，

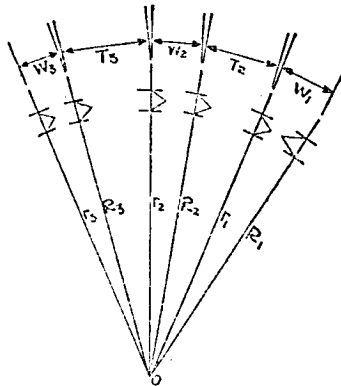
w = 車輛寬度，

L = 車輛連結長(約 15. m.)

又此外於曲線內側，如圖中之 apb 擴大時，則更安全也。

又於美國，如第 27 圖所示，如農業用車之類，數車相連結而通過者，此時一列車之寬度增量，依次式算定之，對於三行列車，則應增寬其三倍量。

圖 27



今使

n = 車輛連結數，

W = 車軸距離，(m.)

T = 連結間隔, (m.)

r = 後輪駛行時所畫之曲線半徑, (m.)

R_1 = 前輪所畫之曲線半徑, (m.)

Λ = 一車線之寬度增大量, (m.)

則 $\Lambda = R_1 - r_n \dots\dots\dots(54)$

$$r_1 = \sqrt{R_1^2 - W_1^2}$$

$$R_2 = \sqrt{r_1^2 - T_2^2} = \sqrt{R_1^2 - W_1^2 - T_2^2}$$

$$r_2 = \sqrt{R_1^2 - W_1^2 - T_2^2 - W_2^2}$$

$$\therefore r_n = \sqrt{R_1^2 - (W_1^2 - T_2^2 \dots + T_n^2 - W_n^2)} \dots\dots(55)$$

如此求得第 n 輛車之後輪所畫之半徑, 則寬度增大量 Λ , 得依(54)式計算之。此時之 R_1 , 得作為曲線道路之中心半徑。

使用(54)式, 汽車之最大車軸距假定為 4.4 m. 假想此汽車因於途中發生事故, 須由他車牽引, 而算出二車線之寬度增大量如第 20 表。

第 20 表

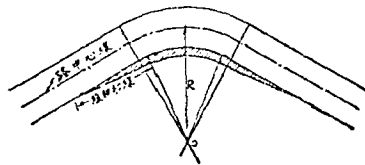
曲 線 半 徑 R (m.)	寬 度 增 大 量		備 考
	一車線 (m)	二車線 (m)	
20—	0.92	1.84	假定 $T=6.0$ m. $W=4.0$ m.
20—30	0.71	1.42	
30—45	0.40	0.80	
45—60	0.50	0.60	
60—120	0.15	0.30	
120—180	0.10	0.20	
180—300	0.02	0.04	

依南京市之規定，曲線部中心線之半徑，小於三百公尺時，須於曲線內側，依下記標準，擴大道路之寬度。

第 21 表

半 徑 (m.)	須 擴 大 之 寬 度 (m)
20m.以下	2.0
20~30	1.5
30~45	1.2
45~60	1.0
60~120	0.8
120~180	0.5
180~300	0.3

圖 28



依上記規定之擴大部份之兩端與其前後直線部之間，則用緩和切線 (Tangent Runoff) 連結之，其長依下記標準決定之。

第 22 表

半 徑 (m)	緩 和 切 線 長 (m)
45 以下	50 以上
60 - 120	22 "
120 - 180	20 "
180 - 240	18 "
240 - 300	16 "

第五節 最小半徑

如前所述，由理論上，曲線半徑，依種種條件而受限制，而道路得許可之最小半徑 (Minimum Radins)，依日本內務省道路構造令之規定，國縣道之最小道路中心線半徑，須在 11.0 m. 以上，曲線半徑未滿 18.0 m. 者，不得與 1:40 以下之急坡度同時施之，又曲線半徑未滿 36.0 m. 者，不得背向設置。

南京市之規定，係採用德國規定，主要道路之最小半徑，為 25.0 m. 普通鄉村道路為 12.0 m. 。

於法國，道路寬度與曲線半徑之關係，依道路之種類而異，如次表之規定。

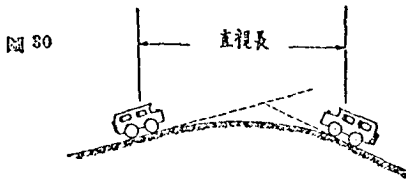
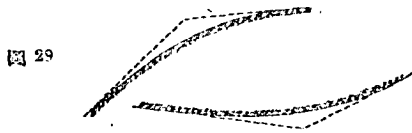
第 23 表

道路種類	道路寬度	曲線半徑
主要道路及縣道	20'(6.1 m.)~22'(6.7 m.)	165 ft. (50 m.)
特別道路	20'(6.1 m.)~22'(6.7 m.)	100 ft. (30.1 m.)
主要地方道路	20'(6.1 m.) ———	50 ft. (15.2 m.)

第九章 縱斷面曲線

第一節 總說

道路沿縱斷面變換其方向時，恆於縱方向插入曲線，稱為縱斷面曲線 (Vertical Curve.)，設置縱斷面曲線之主要目的，一則為欲得直視距離，一則對於交通物之通行，避免急激之變換，而期運輸之便利，及添加道路之美觀。此項曲線，於可能範圍內，依自然之地形而設置之為原則，於緩和凹凸之地形，則無設置之必要，於直視不完全之地形，則非設置之不可。



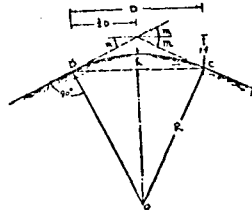
今如第 30 圖，高速度車由嶺之兩側相向進行時，汽車普通以 $9. \text{ m/Sec.}$ (20 miles/H.) 之速度而進行，故須設置直視距離約有 $100. \text{ m.}$ 之曲線，若是，則兩車於相隔 $100. \text{ m.}$ 之處，即能相視，雙方各於行走 $50. \text{ m.}$ 之間，使用制動器完全停車，而避

免正面衝突。若於專駛汽車之道路，普通許可 18. m/S_{cc}. (40. miles /H.) 之速度，故至少必須 200. m. 之直視距離，若是，則車夫使用制動器停車，有 5 秒餘之準備時間，以防止危險，故於專駛汽車之道路，須設置直視距離有 200. m. 。於普通道路之幹線道路，須設置直視距離有 100. m. ，於地方道路須設置直視距離有 75. m. 之縱斷面曲線。

第二節 直視距離，縱斷坡度及縱斷曲線半徑間之關係

如第 31 圖，假定縱斷面曲線為圓弧形時，直視距離為 D，縱斷坡度比為 m，汽車內車夫之視線高為 h，則有如次述種種之關係。

圖 31



1. 直視線與縱斷坡度之關係 如上圖，設所要之直視距離 D，而求 H 等於視線高 h 之坡度比 m。今依普通坡度比，由水平距離與垂直距離之比而得求之，故得坡度比 m 為

$$m = \frac{2H}{D} \dots\dots\dots (56)$$

於(56)式，假定 $H=h=1.5 \text{ m.}$

$$D=100. \text{ m.}$$

則

$$m = \frac{2 \times 1.5}{100} = 0.03 = 3\%$$

於汽車專用道路，使 $D = 200$ m.

則

$$m = \frac{2 \times 1.5}{200} = 0.015 = 1.5\%$$

由上例觀之，縱斷坡度與直視距離之關係，於普通道路，兩坡度比之代數和，在 6% 以下時，雖無設置縱曲線之必要，但實際因道路之美觀與車輛運輸之順利上，兩坡度之代數差在 1% 以上者即予設置。

2. 曲線半徑與直視距離之關係 由汽車之速度而決定直視距離時，依前圖直視距離與曲線半徑之間，得次列之關係。

$$R^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 + (R-h)^2 \dots\dots\dots(57)$$

上式中

R = 曲線半徑(m.)，

D = 直視距離(m.)，

h = 視線高(m.)，

使 $h = 1.5$ m.

則

$$R^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 + (R-1.5)^2$$

$$\therefore R = \frac{\frac{1}{4}D^2 + 2.25}{3}$$

今使 $D = 100. \text{ m.}$

則

$$R = \frac{\frac{1}{4} \times 100 \times 100 + 2.25}{3} = 833. \text{ m.}$$

又於汽車專用道路，使 $D = 200. \text{ m.}$

則

$$R = \frac{\frac{1}{4} \times 200 \times 200 + 2.25}{3} = 3333. \text{ m.}$$

由上例觀之，欲得所定之直視距離之曲線半徑，於普通道路須 833. m. 於汽車專用道路須 3333. m.，但此等數值，乃為十分安全之數值。又於凹地，在直視上雖無障礙，但由車輛行駛之順利上着想，於第一次萬國道路會議，甫里斯(Vries Breckmann)氏本其研究結果，發表下列主張，依車輛速度，縱斷坡度，及曲線半徑間，有如次表之關係。

第 24 表

	曲 線 半 徑								
C	5	10	15	20	25	30	35	40	42
V	18	36	54	72	90	103	126	164	150
$\frac{1}{m}$	1/18	1/36	1/54	1/72	1/90	1/180	1/126	1/164	1/150
R	180	360	540	720	900	1050	1260	1440	1500
P	1.4	2.9	4.3	5.6	7.0	8.5	9.9	11.3	12.0

於前表中，

$C =$ 車輛速度(m./Sec.)，

$V =$ 車輛速度(Km./H.)，

$1/m =$ 縱斷坡度之變化

R = 內接於車輛重心之軌跡圓之半徑(m.)

P = 影響於車輪之擊衝之汽車之重量(%),

如上所述,無論凸地與凹地,俱須設置縱斷曲線。今由上表,可得於凹地時之種種關係,普通汽車行駛於市內時,其最大速度許可 36Km./H.,於汽車專用道路,則許可 72Km./H.,於 l/m 為 $1/36$ 時,其曲線半徑應為 360. m. 又於汽車專用道路, l/m 為 $1/72$ 至 $1/150$ 時,其曲線半徑應為 720. m. 至 1500. m. 之比例。結局無論凹凸成何種狀態,俱須設置有如上例所述之半徑之縱斷曲線,方可減少汽車衝擊,而免除正面衝突之發生。

第三節 縱斷曲線之種類及設置法

縱斷曲線之種類,雖有圓弧及拋物線等,但曲線之設置及車輛運轉之順利上,普通用拋物線。縱斷曲線之長度,得依兩線坡度之代數差而求之。普通道路坡度之代數差與曲線長之關係,有如下表。

第 25 表

兩坡度之代數差(%)	最小曲線長	
	直視長 76. m. 時	直視長 130. m. 時
8.		46. m.
10.	15. m.	76. m.
12.	41. m.	100. m.
14.	57.5m.	120. m.
16.	68. m.	136. m.

依日本內務省道路構造令之規定,則如下表。

第 26 表

兩坡度之代數差	縱斷曲線長
$\frac{1}{100} - \frac{3}{100}$	40. m.
$\frac{3}{100} - \frac{6}{100}$	60. m.
$\frac{6}{100}$ 以上	90. m.

又依日本街路設計標準，則如次，

第 27 表

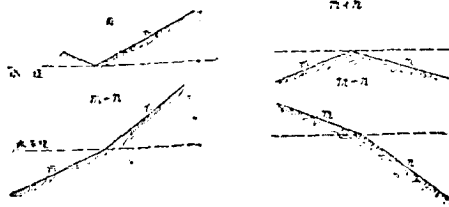
兩坡度之代數差	曲線長
$\frac{1}{100} - \frac{2}{100}$	10. m.
$\frac{2}{100} - \frac{3}{100}$	20. m.
$\frac{3}{100} - \frac{4}{100}$	30. m.
$\frac{4}{100} - \frac{5}{100}$	40. m.
$\frac{5}{100} - \frac{6}{100}$	50. m.
$\frac{6}{100}$ 以上	60. m.

兩坡度之代數差之正(+)，負(-)符號，依32圖所示之方向決定之。

縱斷曲線設置法

縱斷曲線之一般設置法，先求得每 10. m. 之縱距，用直線連接之。

圖 32



$$y = A \times B,$$

y = 自路面起算之縱距,

$$B = \left(\frac{1}{n_1} \pm \frac{1}{n_2} \right) \text{ 坡度之變換, 但坡度一上一下時}$$

則用正(+)號, 兩者俱上或兩者俱下時, 則用負(-)號。

$$A = \frac{x^2}{2L}$$

L = 曲線長,

x = 與曲線起點間之距離,

第 28 表

B %	1 < B ≤ 2	2 < B ≤ 3	3 < B ≤ 4	4 < B ≤ 5	5 < B ≤ 6	6 < B
L(m)	10	20	30	40	50	60
X(m)						
10		2.50	1.67	1.25	1.00	0.83
20				5.00	4.00	3.33
30						7.50

(1) 坡度之變換為 1/100~2/100 時, 即曲線長 10. m 時,

則單由坡度線之交點左右定得距離各 5.m. 之點，用直線連結之為縱斷曲線，如第 33 圖 a 所示。

(2) 如第 33 圖 b，坡度之變換為 $\frac{3}{100}$ 時，

$$B = \frac{1}{100} + \frac{2}{100} = \frac{3}{100}$$

$$L = 20. \text{m.}$$

$$x = 10. \text{m.}, \quad A = 2.50, \quad y = 0.08 \text{m.}$$

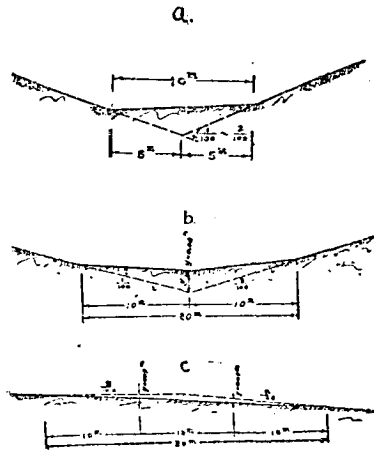
(3) 如第 33 圖 c，坡度之變換為 $4/100$ 時，

$$B = \frac{6}{100} - \frac{2}{100} = \frac{4}{100}$$

$$L = 30. \text{m.}$$

$$x = 10. \text{m.}, \quad A = 1.67, \quad y = 0.07 \text{m.}$$

圖 33



第十章 水平及立體交叉

第一節 總說

水平交叉 (Level Crossing) 乃道路與鐵道或電車軌道於同一平面上相交是也，簡稱曰交叉 (Crossing)。此交叉點，乃交通事故最易發生之處，設法避免此項交叉，乃為交通之安全及能率上極重要之事，交通頻繁之都市，尤應特加注意，然實際上，欲完全除去之，頗覺困難，於地方道路，因經濟上之關係，更所難免者也。欲盡除之，除使道路橫過於鐵道上下外，別無良法，即所謂立體交叉 (Solid Crossing) 是也。此時不得不施行掘土，填土及築造如鉸橋 (Girder) 等類之建築物，因而增大工程費用，故於地方道路，因經費之關係，以不施行者為多，然於都會地點，則不能不排除萬難，努力除去平面交叉，以謀交通之安全及能率之增進。關於此點，於美國紐約市有最良之經驗，其結果有如後述之規定。

第二節 交叉點之防止事故設備

如前節所述，平面交叉，欲絕對除去，既屬難能，故不得不由種種方面設法，以努力於交叉點事故之防止，於講求防止方法以前，不得不先研究交叉點事故發生之原因。交叉點發生事故之原因，由直視不良及交叉點鐵道兩側道路坡度之不良而發生者最多，如細別之，又有直接間接之原因如次述。

- (1) 交叉點無柵欄及所要之直視距離。
- (2) 柵欄啓用之瞬時的錯誤。
- (3) 濃霧。
- (4) 火車前燈之光度過低或消滅。
- (5) 夜間(尤其於午前零時至午前五時之間)列車回數較少之區間,由一人執務之交叉點。
- (6) 交叉點前後道路坡度之不良。
- (7) 交叉點前後無警戒標誌或效果不良。
- (8) 交叉點敷設不良。

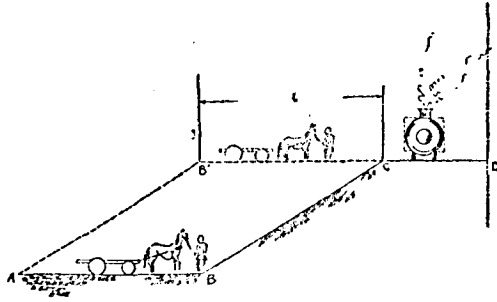
上記諸條款,欲期其完全無缺,非鐵道方面與道路方面,協力共圖之不可,上記條款中,雖依兩者之所有及管理權或設置之先後等而有不同,但道路方面應研究之事項,則爲(1)(6)(7)(8)等,今詳述之如下。

(1) 交叉點前後道路之坡度 交叉點前後道路坡度之不良所在,致發生事故之理由,雖有種種,其主則爲不用動力牽引之車輛者多,例如載重比自力大之載重,於交叉點進退,恆不如意,常有因列車駛來而遭變故者。又如第 34 圖,馬夫因一心加勢於牽引滿載之馬,無暇注意列車之駛來,及至發見,已不及救濟,因而惹起事故者,亦復不少。

如欲防止此種事故之發生,可於交叉點之前後,設置相當之水平或和緩坡度之部份長 l , 如於第 34 圖, l 之最小限須有如次式之規定。

$$l = \text{最長之運貨馬車長度(或積載貨長)} + \text{馬長} + \text{餘長}。$$

圖 34

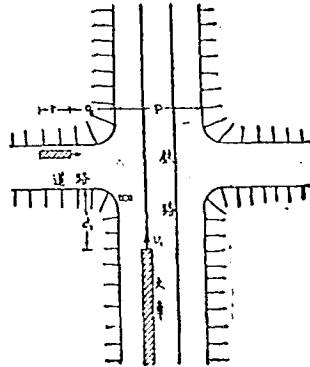


有斯長度，馬夫方能注意列車駛來之餘地。

(2) 直視距離 直視，分柵欄看守人及通行者之對於火車之直視，及通行者之對於交叉處之直視二種，此處則就前者詳述之。

(一) 交叉處無柵欄設備時，

圖 35



複線時：——

t = 馬夫發現火車起至車體完全通過交叉之時間 (Sec.).

P = 交叉處之長, 依軌寬而不同, 此處假定為 9.144 m.,

q = 注意引起點之最小距離, 雖依交叉前後道路之坡度大小而不同, 此處假定為 9.144 m.,

r = 車體長 + 馬身長 + 餘長 = 7.62 m.,

v = 運貨馬車之平均速度 1.2192 m./Sec.

t_1 = 馬夫發現火車之時起至馬頭達到交叉處之時間,

d_1 = 所要之最小直視距離 (m.)

v_1 = 火車通過交叉處之最大速度, 便宜上假定為 48.28032 Km./H. (30 mile./H.), 64.37376 Km./H. (40 miles/H.) 80.4672 Km./H. (50 mile./H.), 96.57264 Km./H. (60 miles/H.) 等。

$$t = \frac{P+q+r}{v} = \frac{9.144+9.144+7.62}{1.22} \doteq 21 \text{ 秒}$$

$$\therefore \frac{d_1}{v_1} = t > t+x \dots\dots\dots (59)$$

x = 運貨馬車完全通過交叉之時起至火車前頭達到交叉之有餘時間, 最小為 20 秒。

$$\begin{aligned} \frac{d_1}{v_1} &= t_1 > t+x \\ &> 20+21 = 41 \text{ 秒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore v_1 &= 48.28032 \text{ Km/H.} & d_1 &> 549.85 \text{ m.} \\ v_1 &= 64.27 \text{ Km/H.} & d_1 &> 733.3 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$v_1 = 80.47 \text{ Km/H.} \quad d_1 > 916.53 \text{ m.}$$

$$v_1 = 96.57 \text{ Km/H.} \quad d_1 > 1099. \text{ m.}$$

複復線時：——

假定 $P = 16.4582 \text{ m.}$

$$t = \frac{16.4582 + 9.144 + 7.62}{1.22} \div 27 \text{ 秒}$$

$$\therefore \frac{d_1}{v_1} = t_1 > 27 + 20 = 47 \text{ 秒}$$

$$v_1 = 48.28 \text{ Km/H.} \quad d_1 = 630.33 \text{ m.}$$

$$v_1 = 64.37 \text{ Km/H.} \quad d_1 = 840.33 \text{ m.}$$

$$v_1 = 80.47 \text{ Km/H.} \quad d_1 = 1049.64 \text{ m.}$$

$$v_1 = 96.57 \text{ Km/H.} \quad d_1 = 1260.65 \text{ m.}$$

(二) 交叉點有柵欄設備時：——

複線之場合：——

$$P = 9.144 \text{ m.}, \quad q = 0, \quad r = 7.62$$

$$v = 0.609 \text{ m/Sec.}$$

$$t = \frac{P+r}{v} = \frac{16.764}{0.609} = 27 \text{ 秒}$$

$$\frac{d_1}{v_1} = t_1 > t + x$$

交叉點遮斷交通用之門扉關閉所要之時間，當然包含於此 t 秒中， x 乃門扉閉鎖之時起，至火車到達之時間，關於火車之速度，在習慣上 $v_1 \equiv 48.28 \text{ Km/H.}$ 時，最小為 40 秒， $v_1 > 48.28 \text{ Km/H.}$ 時，最小為 30 秒。

$$\therefore \frac{d_1}{v_1} = t_1 > 27 + 40 = 67 \text{ 秒} \dots\dots v_1 \leq 48.28 \text{ Km/H. 時}$$

$$> 27 + 30 = 57 \text{ 秒} \dots\dots v_1 > 48.28 \text{ Km/H. 時}$$

故 $v_1 = 48.28 \text{ Km/H. 時} \dots\dots d_1 = 898.55 \text{ m.}$

上記不過關於交叉前後道路之坡度與直視距離之一例，茲更將紐約市之規定列記於後，以資參考。

(1) 道路與鐵道平面交叉時，交叉點前後道路，須各設 60. m. 以上之直線部，鐵道與道路之交叉角，須在 60 度以上，又坡度須在 6% 以下，又於交叉點之兩側，須設置 30. m. 以上之平坦部分。於日本則規定其交叉角為 45 度。

(2) 於鐵道線路前 60. m. 以內，須使兩側之通行者，能得見由 303. m. (1000 ft.) 之遠方駛來之火車。

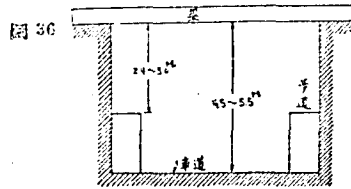
(3) 交叉處當敷置木板，其寬度須在 7.3 m. (24 ft.) 以上，木板兩端，以石或混凝土保護之，如第 37 圖。

(4) 交叉點兩側，至少於 120. m. (400 ft.) 之距離，建設標準警戒標。凡通行現今高速度車輛之處，此為必需者。

(5) 鐵道兩側，如難得 303. m. (1000 ft.) 之直視距離時，或鐵道與道路兩者之一，通行頻繁時，或複線之鐵道，視線為火車或電車所妨害時，則置信號人及交叉點，柵欄看守人，於必要時得警告通行者，若道路橫過於鐵道之上，須依建築規定決定其高度，又道路橫穿於鐵道之下時，則路面至鐵路橋梁下端，須有 4.5 m. (15 ft.) 至 5.5 m. (18 ft.) 之淨高。

道路通過鐵道下首時，普通可將步道昇高如第 36 圖，步道

上面至橋梁下端之淨高，有 24. m. 至 3.0 m. 已足。



第十一章 道路設計上之預備調查

第一節 總說

通常在設計新設道路及改良道路之前，必需詳察該路經過地之現狀，並預測其將來之結果。調查之目的，蓋欲決定一最良之路線，同時并求築造最有效道路之諸材料，以為設計預算，及築造時關於施工上之難易等種種之資料是也。新設路線未決定之前，先行踏勘數次，依其結果而選定數條比較線，然後由築造費及其他經濟上之價值加以考慮，而選定其最優良者。

對於道路之新設及改良之預備調查事項，如路線屈曲，坡度，距離，方向，排水狀況，沿道或該地居民之階級及習慣，商業上及其他特殊之要件，氣候(雨量)，沿道或該地之地質(基礎費用之程度)，工費之來源等之調查是也。對於改良道路，則必須詳細調查現在路面之厚度，寬度，交通之狀況，種類，數量，及將來之增加推定量等。

上記調查要件中，其最困難者為交通之狀況及種類，數量，及經濟上之價值等項。

第二節 地方道路改良之利益

改良地方道路之利益，如次列各項。

- (1) 顯著減少搬運費用。
- (2) 地方生產物容易輸出達於市場。

- (3) 使地方生產物不因季節而搬運澱滯。
- (4) 地方生產物之價值良好時，使其得向市場之搬運自由。
- (5) 隨路面之改良，高速度車輛得以通行，因之得求市場於廣大範圍內。
- (6) 因高速度車輛之通行，得使相異之各天然地方市場之價值平均。
- (7) 道路成爲鐵道之補助機關，貢獻於鐵道之季節的貨物集散狀態之繁忙者大。
- (8) 使一年中相異之季節的商業，得以平均。
- (9) 使都會與地方之交通便利，都會人得旅行之便，地方人得與都會人交接，而吸收新智識。
- (10) 得合併地方學校，實施經濟教育。
- (11) 使地方郵件之集送容易。
- (12) 因道路改良，沿道地價，得隨之高漲。

第三節 道路新設或改良工費之來源

當道路新設或改良之際，雖不得不以交通調查及經濟的價值之算定，作爲充分之根據而實行之，但因工費來源之關係上，難能實現者多，而於地方道路尤甚，今記一般來源之出資方法如次。

- (1) 勞力之賦役。
- (2) 一般雜稅。
- (3) 攤費。

(4) 舉債。

(5) 捐款。

雖有上述各種，但須採用何法，則依其地方之居民經濟之程度而不同，例如於大都市，則依攤費法，於鄉村等，則依勞力賦役法施行之為宜。

第四節 交通調查

新設或改良道路時，第一不得不推定其新設或改良之價值，因此，非依據交通調查及其地方特有之事情不可。其事情，因地方經濟上之要求，某者雖容易判明，而其多數，則難於明瞭。道路之利用面積或其他之道路區域，道路哩程，道路之分布狀態，沿路之生產物及其移動狀態，其他停車場，鐵道，水路等之運輸系統等，須詳細調查之。此外馬車，運貨汽車，其他運費等之關係，亦必詳知。依以上各項，大體可得推定新設道路之價值。道路工事，則根據此推定價值，同時預料其改良後之運費，考慮其應受之利益，而就其範圍內施工之。但於理論上，心中固須有置此經濟觀念而行調查之必需，而實行則甚困難也。

道路設計，須依交通之性質，而為種種不同之設計。例如路線之屈曲，坡度，及鋪道之種類，或厚度等之決定，非依交通之性質而定不可。即如搬運重量或容量較大之車輛之道路，則非擴大其寬度，緩和其坡度不可。對於如運貨汽車之用橡皮輪胎者，則造混凝土鋪道等。此鋪道若無如乘用汽車之高速度車輛行走時，則可不必如乘用汽車道路之需考慮其曲線半徑。

既知道路設計上之要件，則欲適當決定此等要件，非行交通調查不可。道路上之交通物，種類甚多，而皆各不同，例如於馬車之種類，有單馬雙馬之分，又有二輪四輪之別，更由滿載，空車，或其速度之緩急等，使道路起各種不同之影響。故如僅在同一地點，而觀測其車輛通行數量，則其調查之效少。道路受車輛之影響，非僅依車輛之重量，裝載噸數，速度而能決定，且非調查其車輛之構造(車輛之大小，輪胎寬，彈簧之有無廣狹等)等不可。於此等交通調查必要之分類，大略如次。

- (1) 馬力或機械力之區別。
- (2) 乘用與裝貨用之區別。
- (3) 空車與裝貨之區別。
- (4) 車輛之輪胎寬與一輪所負重量之大度。
- (5) 馬車之馬之頭數。
- (6) 依乘用汽車之重量與速度之區別。
- (7) 依運貨汽車之重量與速度之區別。
- (8) 該地方特有之車輛。
- (9) 步行者數。
- (10) 腳踏車數。

尙欲築造經濟之道路，於交通之方向，車輛之構造，交通之取締規程等，須有相當之注意。

交通調查，須隨時刻之變化而行之，但因須費相當之費用，故於平常多不行之。於實行之際，則至少亦須規定某時間與時期內施行之，經一年之觀測，則交通量得依此而推定，但觀測者，則

第 29 表

交通調查總計表

觀測地點號數		觀測地 縣 市 街 門牌 號		起終點 區 間 延 長									
路線名		春(月)		夏(月)		秋(月)		冬(月)		總計	一日之寬度 年平均每公尺	考 備	
種 別	時 期	日	計 平均	日	計 平均	日	計 平均	日	計 平均				
步行者	總數量										道路之寬度	鋪裝之種類	路面之狀態
	占用值												
牛 馬	總數量												
	占用值												
人力車	總數量												
	換算重量												
自行車	總數量												
	換算重量												
貨 空	總數量												
	換算重量												
車 盈	總數量												
	換算重量												
乘合馬車	總數量												
	換算重量												
牛 二空	總數量												
	換算重量												
馬 輪盈	總數量												
	換算重量												
車 四空	總數量												
	換算重量												
自 動 輪盈	總數量												
	換算重量												
自 行 車	總數量												
	換算重量												
汽 乘用	總數量												
	換算重量												
車 公共	總數量												
	換算重量												
貨 空	總數量												
	換算重量												
物 盈	總數量												
	換算重量												
電 車	總數量												
	換算重量												
其 他	總數量												
	換算重量												
總 換 算 重 量													
總 占 用 值													

第二號樣式

近世道路工程學 一〇九 (附頁一)

- 注意
1. 於總計欄記入各時期平均之和
 2. 於一日之年平均欄記入以調查回數除總計所得之數
 3. 於寬度每公尺之欄記入以觀測區間之一般寬度(m.)除一日之年平均所得之數

第 30 表

交通調查日表

觀測地點號數		交通調查日表														備考		
觀測地		市		村		街門牌		號		年		月		日平均表		總計	備考	
路線名		國道第		發線		起街巷		終街巷		天		候		觀測者名				某
區間		起終點		起街巷		終街巷		區間		延		長		650*				
時	步	牛	人	自	貨	車	乘	牛	馬	車	自	汽	公	貨	物			
間	行	馬	力	行	空	放	用	二	輪	四	輪	乘	共	空	盈	車	他	
午前																		
0-1																		
1-2																		
2-3																		
3-4																		
4-5																		
5-6																		
6-7	100.3	0	1.0	66.7	0.3	9.3			0	1.0	1.0	2.3	4.0	20.7	0	1.3		
7-8	431.7	0	7.7	226.0	3.0	24.7			0	0	2.7	0.3	9.7	20.0	0.3	8.0		
8-9	359.0	1.3	6.7	330.7	4.3	36.0		0.3	0.3	32.3	9.0	1.3	13.7	22.7	2.3	6.3		
9-10	319.0	1.0	9.7	412.7	5.0	43.3			0.3	0	7.0	1.7	13.3	18.3	2.3	5.0		
10-11	337.3	0.7	7.0	481.3	11.3	49.7			0	2.0	18.0	3.0	16.0	21.0	3.0	2.7		
11-12	291.3	0	11.0	472.7	17.0	33.7			2.3	8.3	14.0	1.0	9.0	18.3	2.0	3.0		
午後																		
0-1	377.3	0.3	14.7	413.7	9.0	31.0		0.3	0.7	4.7	8.7	2.7	9.3	23.3	1.7	4.3		
1-2	392.3	0	9.0	470.0	9.7	29.0			0.7	3.7	11.3	4.7	18.7	16.3	0.7	2.3		
2-3	418.3	0.3	8.7	454.3	7.0	39.3			0.3	4.0	12.7	3.7	22.3	21.7	0.7	1.3		
3-4	411.7	0.7	9.3	437.0	13.0	34.7			0.3	5.7	10.7	3.3	14.3	18.0	2.0	1.3		
4-5	475.0	0	6.0	535.7	14.0	37.3		0.3	0	11.0	15.7	2.7	14.3	21.3	2.3	2.3		
5-6	406.7	0	8.3	390.3	14.3	26.3			0	3.3	5.0	2.0	21.0	25.0	2.3	2.3		
6-7	475.7	0	5.7	266.0	4.0	10.7			0.3	0	1.3	1.3	20.0	18.3	0.7	0.3		
7-8	440.7	0	5.3	270.0	2.3	6.3			0	0	0	1.0	17.7	22.0	0.3	2.3		
8-9	417.0	0	5.7	169.3	0.3	2.3			0.7	0	0	0.3	14.7	21.7	0.7	1.3		
9-10	284.7	0	7.0	225.3	0	1.0			0	0	0	0	14.7	20.0	0	0		
10-11	176.7	0	4.0	65.0	0	0			0	0	0	0.7	15.0	16.7	0	0		
11-12																		
總數量	6103.0	6.3	126.7	5669.0	114.7			1.0	6.0	46.3		31.0	247.7	345.3	21.3	48.3		
重量係數			0.02	0.02	0.2	0.4	0.4	0.5	1	0.5	1	0.4	1.5	2.5	1.7	3.5		
換算重量			2.534	113.38	22.91			0.50	6.00	23.15		124.00	371.55	863.25	36.21	151.55		1920.32
占用係數	0.5	3.5	14	0.4	6	6	4	1	7	8	8	0.3	1	1.4	2	2	5	
占用值	30515	2205	17738	2267.00	188.20			1.00	42.00	370.4	1210.7	9.30	247.70	483.48	42.60	86.6		11183.67

近世道路工程學 110 (續頁)

- 注意
1. 步行者 隨乳母車人作為步行者
車夫馬夫及背負人不算為步行者
 2. 牛 馬 含馱馬 騎馬 荷牛
 3. 自行車
 4. 貨 車 含箱車 搬水車 屋蓋車等空盈判別困難者作為盈
 5. 自動自行車
 6. 乘 用 車 定員五人以下之汽車
 7. 公共汽車 定員六人以上之汽車
 8. 貨物汽車 機水用 貨櫃用 消防用汽車等空盈之判別困難者作為盈
 9. 電 車
 10. 其 他 記入表示車輪以外之特殊車輛(跑車 軍用唐克車等)
 11. 換算重量 於總數量乘重量係數
 12. 占 用 值 於總數量乘占用係數
 13. 日 觀 測 表 第 一 號 格式
 14. 一 回 平 均 測 觀 表 第 二 號 格式記入三日間別之平均

非有相當熟練不可。此項調查，常於同一之地點，以同一方法行之，以資逐年之比較研究。依法國向例，每隔十三日作一回之觀測，其時間為午前五時至午後九時。又交通量依時期及時間而有變化，故觀測之際，依其觀測時刻之記載，而得確定其變化之狀態。例如步行者數，若其地點為工場區域時，則於朝間之上工時刻與午後之退工時刻為最多，於住宅區域，則朝夕到市場購物之時刻為最多，因之若知此等事情，加以充分考慮，而可決定該地點之路寬。

第五節 道路測量

1. 路線設置之順序 路線設置之順序，為踏勘(Reconnaissance.) 預測(Preliminary Survey.) 實測(Final Location Survey.) 三種。

2. 踏勘 依前述路線選定事項，若已選定一路線，則沿其測量區域全部而為視察調查，稱之為踏勘。踏勘乃確定路線之基本，故非有學識經驗者行之不可，關於實地，以目觀之情形而計算之以立概算，他日路線完成之後，實際所要經費與概算額之差，非使其最小不可。踏勘非僅就一路線而調查之，必調查其附近一帶之地域，決定最良好之路線，因之有踏勘二三種比較線之必要。更有應需注意者，以肉眼眺望時，往往易陷於幻視，幻視者，如目前之直線覺其長，遠方之直線覺其短之現象是也，又立於傾斜地盤而仰望時，約 60° 之坡度 殆有垂直之觀，15% 之坡度，視之似僅 10%，此等現象皆幻視也。尤其在高地而俯瞰傾斜

之低地時，多此傾向。又難於步行之處，荆棘繁茂之地，其工事困難程度之想像，每多大於實際，反此，山路高低起伏較靜之處，及坡度較緩之高原等，於實際頗多困難者，然於踏勘時，每覺其小而輕視之，無經驗者，應加以注意。茲列舉踏勘之先，應行注意之事項如次。

(a) 爲選定平坦路線，沿河川設定時，其河川必有支流，路線橫斷其支流之預想，不可不有，因之而生架橋之必要。

(b) 路線經過丘陵之傾斜地時，道路築造後，降雨及雪溶之際，切土部之土砂有崩潰之虞，填土部有陷落或滑落之憂。

(c) 橫斷分水嶺時，道路必多昇降。要之依踏勘之結果，至少須得路線之距離，方向及高低，工費等之概念。

於山岳地帶，欲選定一最良之路線，頗屬困難，故於踏勘之先，若有可以信賴之地圖，則預先於其地圖上依等高線 (Contour Line) 而作圖上之選定路線，然後參照實地而行補正，如斯行之，選定良好路線，似較容易，稱此項工作爲紙上定線 (Paper Location.)。

茲舉踏勘時所需之主要器械器具於次。

(1) 距離測定用 Pedometer, Odometer, Perambulator,

(2) 角度測定用 Prismatic Compass, Box Sextant, Pocket Transit,

(3) 高低測量用 Hand Level, Clinometer, Barometer,

(4) 其他 望遠鏡, 經緯儀簿, 水準簿, 測量旗等。

3. 豫測 據踏勘，應敷設路線之所在，既決定後，沿其路

線而施行距離及高低測量，更於必要所在，垂直於路線之方向，施行橫斷面測量，及路線附近之地形測量，稱之為預測。若連結二點之路線，有二三比較線時，其優劣則依實測之結果而決定之。預測時，應行調查之事項如次。

(1) 橫斷路線之河川，運河，道路，鐵道等之大小，方向及交叉點之位置。

(2) 對於道路築造時，其土質，適於掘填與否，及取土地，捨土地或其搬運距離之程度。

(3) 道路築造所要之石材，礫石，砂等之有無及其位置與搬運距離之便否。

(4) 架橋位置。關於此點，與道路工費上有重大之影響，須記錄次述諸事項。

(a) 河床地質良好時，築造施工基礎，容易且經費少。

(b) 河川兩側之堤防堅牢。

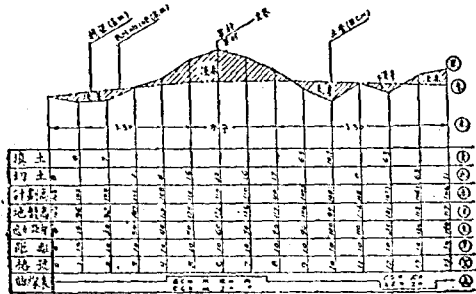
(c) 架橋位置，最好與河心成垂直，否則增大橋長，工事施工，俱屬困難。

(d) 河心成曲線之處，則不適於架橋，架橋位置，宜選河寬均等，洪水之際，不致氾濫，河床堅固，橋座及橋脚容易掘鑿之處。

4. 實測 依預測得知地形之大略時，其中視為最良之線路，更就實地，正確設定路線，稱之為實測。於實測時每隔 20. m. 打中心樁，於樁頭打釘，以確定中心線之位置。樁之大度，約為 6. cm.~9. cm.之正方，長約 0.6 m.~0.75m.之木製者，於

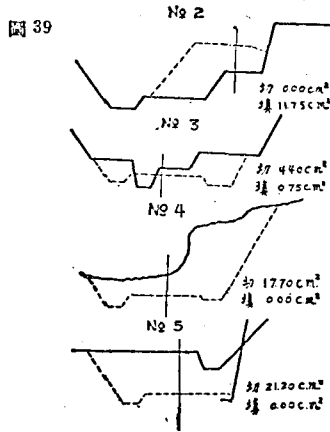
其側記入距基點之距離。於路線方向之變換點即交點 (Inter Section Point 略記為 I. P.)，同時打樁，於其上記入交點號數。於重要之點，主樁外更打參考樁 (Reference Peg.)，以備中心樁或交點樁之移動。有時於主樁之周，打保護樁者。交點處，則設有適當半徑之曲線，此時曲線之起點，稱為始曲點 (Beginning of Curve 略記為 B. C.)，曲線之終點，稱為終曲點 (End of Curve 略記為 E. C.)，於 B. C. 及 E. C. 之側面，沿曲線之長，記入距基線之距離 (Milage)。如斯至終點之距離測定及曲線敷設既畢，更測定各樁位置之地盤高，各樁間地形有顯著變化之處，亦必側量其高低，即所謂縱斷測量者是也。縱斷測量既終，更於每隔 20. m. 之各樁位置及地形有顯著變化處所，垂直於路線之方向，行橫斷測量。此時應注意之點，在曲線上之橫斷面，須與中心點連結與曲線之切線成垂直之方向測定之。如斯實測告終之後，依其測量結果，繪製路線縱斷面圖，依此計畫坡度，又製橫斷面圖，用以計畫橫斷面築，以決定路線之掘填土量，行土積計算。依以

圖 38



上所述行之，定掘土填土之界，乃於實地更打界樁，此樁上印「路線用地之界」數字。

5. 土積計算法 於各點之橫斷面圖，記入道路橫斷計畫線，此計畫線與天然地盤線所圍之掘填土面積，以測面器(Planimeter.) 或依距形區分法(於方格紙記入計畫線與橫斷面圖，數



其線所圍之方格數，而知其面積之法) 測定之，以斷面間之距離為高度，依公式而求其土積。而一般使用者為兩端断面平均法。今代入前圖橫断面之掘土填土面積，而舉一計算例如次表。(P. 116)

曲線部之土積計算：——

於曲線部，如上表計算時，雖有多少之差異，普通與直線部同樣行之。然實際上，橫断面之重心與線路中心線不相一致時，

第 31 表

測點	距離 (m)	斷面積		平均斷面積		掘土 (立公)	填土 (立公)	備要
		掘	填	掘	填			
0	0	0.02	0					
1	10	0	11.00	0.01	5.50	0.10	55.00	更區別掘填 土之土質
2	10	0	11.75	0	11.38	0	117.50	
3	10	4.40	0.75	2.20	6.25	22.00	62.50	※粘土
4	10	17.70	0	11.05	0.38	110.50	3.80	
5	10	21.20	0	19.45	0	194.50 (+)	0 (+)	

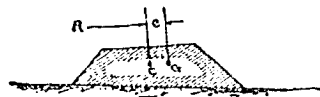
則生相當大之差額，如斯情形，則行特別計算法而校正之。今如次圖，假偏心距離為 e ，曲線半徑為 R ，則其補正比例當為 $\pm e/R$ ，用兩端斷面平均法時。

使補正土積為 V ，兩端斷面積為 A_1, A_2 ，縱斷距離為 l 時，則有如次式之關係。

$$V = \frac{l}{2R} [A_1(R \pm e_1) + A_2(R \pm e_2)] \dots\dots\dots (60)$$

但 $\pm e$ ，偏心在中心線外時用 (+)，在中心線內時則用 (-)。

圖 40



第十二章 土工

第一節 總說

總線切土填土之工事爲土工 (Earth Work)。道路工事之土工作業，其主要者爲切取或掘鑿 (Cutting or Excavation) 及填土或築堤 (Banking or Embankment)。土工恆占道路工事之大部分，而土工之切土與填土之土量，由土工費之經濟上觀之，使兩者相等爲第一要義。

故道路通過山側，其一部爲掘鑿他部爲填土時，則當決定坡度計劃線之際，必須經充分之研究。

路線切取之土量，不足以爲填土部之用時，應增其切土量，或於填土部份之附近，另求掘鑿土量，稱爲借土坑 (Barrow Pit)。如切取土量多於填土土量時，其剩餘量稱爲棄土，必須堆集於切取部附近相當地點。此等借土與棄土，俱需費用，故切取與填土之量，於可能範圍內，務求其相等，若測定一路線，切填土量相差過大時，則以另選其他路線爲宜。

土工恆有因滑落而招失敗者，其安定度，則由抵抗於滑落之傾向而得。

第二節 普通切土工

切土之施工，依普通土切取與硬岩切取而不同。

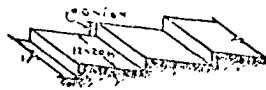
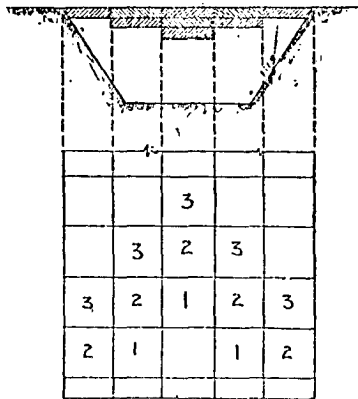
1. 切土用器具機械 土工切取作業用之主要器具，有鏟

(Shovel)、鋤(Spad)、鉞(Plough)、鶴嘴(Pick)等，鏟有方形及圓形二種，用於土砂或礫石地，鋤及鉞則適於掘鑿較硬者，土質更硬時，則用鶴嘴。

大規模之切取作業，用掘鑿機，如汽鏟機(Steam Shovel)、油鏟機(Gassolin Shovel)等。

2.切土之施工 切土之施工，普通用鏟及鶴嘴，除工作艱難之硬岩，不得利用爆發藥以外，大致硬結土地，則用掘鑿鶴嘴人夫一人，盛土人夫二人，於硬粘土地，則用鶴嘴人夫二人，盛土人夫一人，不斷工作。所應注意者，為切土之處理，此項切土，若於近處得利用於築堤或填土時，固無問題，否則當另找棄

圖 41



土場，若於填土作業而無切土可用或搬運不便時，則有另找借土坑之必要，因之於土工工費上實不經濟。

由縱斷測量時所訂之中心樁之高度，可定切土填土之高低，故中心樁左右之界樁間，若係普通土，則以約 1:1 之坡度掘下，達於所定高，並與所定寬相合，掘鑿應由較低之地盤開始，使便於排水運土，如求切土作業之順序優良，參照第 41 圖所示。

a. 切土面之斜坡度

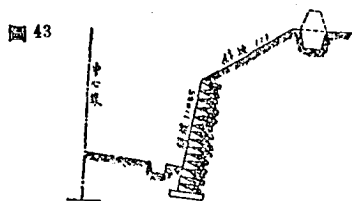
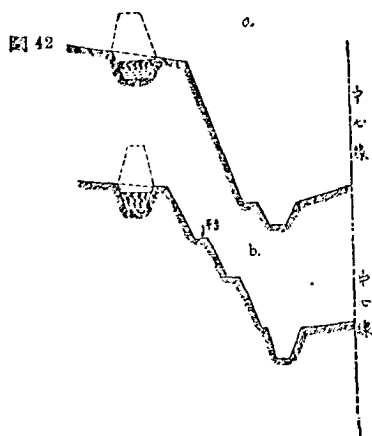
普通土質，切土面之斜坡度為 1:1 如比安息角 (Angle of Repose) 為小，則減為 1:1.2, 1:1.5, 1:1.8 等，於岩石地，其斜坡度普通約為 1:0.25 至 1:0.3，茲示斜坡度之比例如次。

高度	水平距離	斜坡度
1.0 ^m	1.0 ^m	1:1.0
1.0	1.2	1:1.2
1.0	1.5	1:1.5
1.0	1.8	1:1.8
1.0	0.5	1:0.5

b. 土作業上之排水及斜面保護

關係掘鑿應注意之事項，乃湧水及雨水之疏通，若處置不良，地層經沖蝕滲透，易招崩壞，惹起工事中之事故。普通於切取工事竣工後，為防止斜面之崩壞起見，於坡面上端，設一阻水溝，坡下設排水溝如第 42 圖(a)，停滯於阻水溝之水，則由各處所設直溝而流入於排水溝，以防止其滲透。又切取深度過大，則因雨水或湧水，由坡面崩落之土石塊之衝擊力亦大，一般於坡面

之中間，作成階段 (Bench) 以減殺其勢力，如第 42 圖(b)。



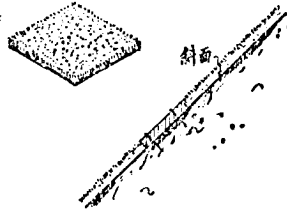
斜面坡度和緩時，則頂部寬度極大，為避免頂部廣大用地計，常於坡之下部築石壁或磚壁，第 43 圖所示，其一例也。此時石壁之坡度普通約 1:0.4。

欲保護切土面之斜面，第一須期排水設備之完善，其次有砌石、植草、網工等方法。

斜面砌石 (Pitching) 如第 45 圖，於斜面上堆集小石，更於

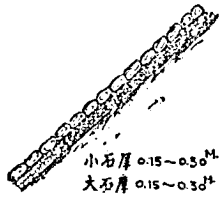
其面砌以大石之工法是也。

圖 44



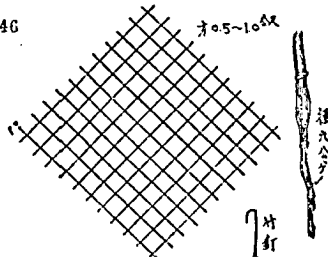
植草工 (Sodding) 如第 44 圖，將野草切成約 0.3 m. 之四方形，以竹釘貼於斜面之上，如因搬運附土之野草而覺笨重困難時，亦有僅以野草根植於斜面者。

圖 45



網工 (Net work) 如第 46 圖，以蔴作成網形，鋪於斜面，以竹

圖 46



釘釘着之，於網間植以草皮，俟葉腐朽時，則草已長成，且成爲草之肥料，又有以雜木枝編成網狀，以鐵線束緊鋪於斜面上等方法。

第三節 運輸

1. 總說 土石運輸之方法，依其距離之長短，土量之多少，沿路坡度及其土質，切土填土之高度及寬度而不同，大別之可分爲四種：(1)簡易運輸法 (2)軌道運輸法 (3)架空運輸法 (4)特別運輸法。

我國普通使用者爲畚，手推車，駟馬車等類，於大規模之土工，固以用機械力爲經濟，但於小規模者，則以用人力爲宜。

2. 簡易運輸法 運輸距離不遠，土量不多，且運輸路亦非急激傾斜，無特別敷設軌道之必要時，則以採用簡易運輸法爲宜，其容積大略如下。

手推小車	約 0.03~0.036 cub. m.
輕便車	一輛約 0.21~0.25 cub. m.
畚(0.84 sq.m.)	約 1 cub. m.
土運車	一輛約 1.53~2.3 cub. m.
駟馬車	一頭牽引四輪車約 0.73~0.48 cub. m.

上舉諸器具之容積，隨地不同，上列不過示其大概。

獨輪手推車 (Wheel-Barrow): ——

運輸距離較近，且土量不多之時可用之，其容積雖有不同，普通約 0.057 至 0.142 cub. m.

二輪運輸車 (Hand-Carts): ——

有如普通加木箱之貨車，其容積普通 0.11327 至 0.28317 cub. m.

畚: ——

此乃東洋特有之器具，適於土砂之運輸，恆在運輸不便於手推車之處使用之。

此器用於運輸距離在 30 m. 以內，頗為有效。土量較多，運搬距離達於 300 m. 至 1500 m. 時，則以運土車或輕便車運輸為宜。

曳畚器 (Drag-Scraper): ——

鐵製，前方繫馬，使其曳行，御者將後方之柄提起，一路整取地面掘起之土，俟器滿載達到目的地時，則向前傾側，使土落下。

二輪曳畚器 (Wheel-Scraper): ——

曳畚器之有車輪者也，操縱前方之挺，得與前者具同樣之動作，其構造及裝置有多種，運輸途中，為防止土砂之落出，恆將器之前方堵塞之。通常以牽引車曳行之，此外尚有自動曳畚器一種。

二輪馬車 (Horse-Wagon): ——

與前述之二輪車同樣，但其容量較大，用馬曳行之。

四輪馬車 (Wagon): ——

於普通之貨物馬車上，設置木箱者也，前輪小，後輪大。然於普通貨物馬車，僅設置木箱，而無其他裝置，則卸土時，頗費週

折，因須另設卸土裝置。此項裝置有種種構造，普通則使其底能開閉，或將木箱傾斜於後方，有此卸土裝置之馬車，稱為卸土馬車 (Dump-Wagon)。

運輸汽車 (Motor-Wagon): ——

依動力而行駛之運輸車，有於汽車後方之抬架上置箱，及以牽引車曳行貨車等，箱之下部，有使箱能上下之裝置，依此項裝置，使箱傾斜，由後方使土砂落出。

以牽引車曳行貨車者，其形有種種。

3. 軌道運輸法

a. 輕便軌道 用軌條及枕木等敷設軌道，於其上走行貨車而運輸土石之方法也。

運土車有種種，達目的地，則傾其一側或兩側之任何一側，而使土砂落出者，稱為顛覆車 (Tipping Car)。又有稱為四輪手推車 (Trolley) 者，於木製台車之上，置無底之箱，達目的地，則取其箱而傾側之，使土砂落出，普通多用之。

供給此項運土車之動力，有依人力推行者，有以馬曳行者，有依機械者。

b. 普通鐵道 運輸土量極多，而距離較遠時，則以連結多數之大運土車而運輸之為有利，此時則需牽引力較大之機關車。

此時所用之運土車有種種，單於車台之上置平板者，稱為台車 (Platform Car)，有於平板四周，豎立板圍者，稱為無蓋貨車 (Gondla Car)，其他如前述之卸土車等。

第四節 築堤

1. 築堤土質 摩擦安定度最大且含有耐久性之岩片、砂、礫、碎石之土質，最適於築堤之用，普通黃土(Loam)次之。粘土於乾燥時，填築亦屬安全，但溼粘土、田圃之肥土、汙泥含有植物質之沉泥等，則不適用。

築堤用土，一般即用沿線之切土，但切土土質不良，或切土部之數量不足時，則選擇適當之借土坑以取用之。

2. 築堤填土之收縮 用切土作填土時，至後日因固結而有多少之收縮，較填土時之體積，略為減少。故當填土之際，欲求將來所要之高度，則非先行考慮收縮之度，豫先作過分之填土不可，此過分填土，稱為餘填(Shrinkage Allowance)。餘填之量，依築堤土質、作業中之狀態及築堤高度等而不同。例如乾燥之粘土及黃土，較之他種材料，其收縮之度大。一般餘填之量，常為其

第 31 表 填土收縮之比率

土 質 分 類	收 縮 率
礫石	8%
礫石及砂	9%
粘土及粘土質土壤	10%
肥土及輕砂土	12%
殺植物質土壤	15%
混粘土	25%

第 32 表 填土餘填高

築 堤 高	餘 填 高
1.5 m(5 ft)未滿	0.15 m.(6")
1.5 m~4.5 m(15')	10.%
4.5 m~7.5 m(25')	8.%
7.5 m~10.6 m(35')	7.%
10.6 m~13.6 m(45')	6.%
13.6 m 以上	5.%

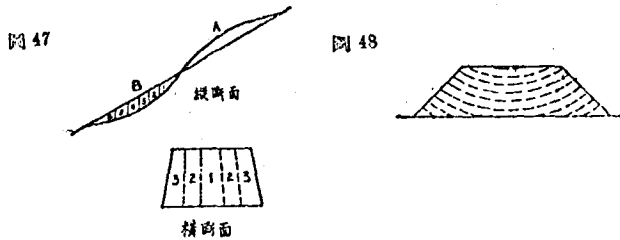
填土高之 10% 以下，築高堤時，因土砂之搬運須經過多數時日，遭遇降雨或車馬時常往來，其一部分業已固定收縮，故其餘填之量可較少，工事監督，應斟酌情形，臨機決定之。上列兩表，列舉各種土質收縮之比例及依築堤高之餘填分量之大略標準。

3. 築堤之斜坡度 築堤之斜坡度，需比其土之安息角為和緩，普通以 1:1.5 為多，土砂坡度之最自然者，為一種之對數曲線 (Logarithmic Curve)，其形凹，漸近於底部，則成扁平，然實際用之者少，普通採用前記 1:1.5 之斜坡度，苟填土過高時，側面傾斜應為凹形，以防滑落，漸至下部，其坡度漸緩，例如上部為 1:1.5，中部為 1:1.8，下部為 1:2 等。

4. 築堤之施工法 築堤施工方法，可分為三，(a)一層法 (b)多層法 (c)各層搗固法。

(a)一層法 如第 47 圖，以 A 部之土石，填於 B 部。此項一層填土法，工費最廉而又迅速，普通土工多用之，但易生

滑動，因之填土務必由兩側起，漸及於中央，如第 48 圖所示為最良之施工法。



(b) 多層法 如第 49 圖所示，積成 1, 2, 3, 4 等層之方法，填土之厚度大時，或特別以粘土之類而為填土時，則此法適用，惟須待初層結實，方能加填第二層，多費時間與勞力，故用如此工法者較少。



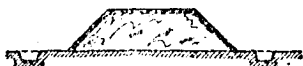
(c) 各層搗固法 此法乃由許多薄層之填土而構成，均勻填成厚約 0.3 m. 內外之薄層，以木槌或滾壓機之類，充分搗固而使其結實後，再於其上築造次層，如斯行之以達規定高度。此法多費手續，費用亦大，然於擁壁、橋座之背部，或暗溝之周圍，填充土砂時，則專採用此法。

於普通道路工事，則採用(a)或(b)之方法，橋座擁壁等之背面填土，則採用(c)法。

5. 平地之築堤 道路通過平地時，雖以其地面為路面者

多，然欲使路面常在乾燥狀態，或防止洪水之氾濫起見，恆有提高路面之必要，填土時可用兩側所掘側溝之土砂，實一舉兩得而最經濟，此法於平地築堤時多採用之，第 50 圖，其一例也。

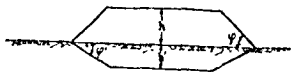
圖 50



6. 惡地盤上之築堤 築堤於水溼軟弱地盤之上時，則當填土之際，地盤因填土之重量而沈下，此時務必使堤腹部之坡度緩，使填土支持於廣大面積之上為要，苟仍有沈下傾向，則非用適當材料，構成築堤之基礎不可，如第 51 圖所示，先掘起築堤部之地盤，填以適當填土，然後乃於上面施行填土工程。

此時應掘取天然地盤之深度，可依次式求之。

圖 51



$$h' = h \frac{WK^2}{W^2 - WK^2} \dots \dots \dots (61)$$

$$K = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi}$$

上式中

h' = 應掘取之深度

h = 填土高

ϕ' = 天然土之安息角

ϕ = 填土之安息角

$W =$ 用於築堤及基礎之土之重量(lbs/cub. ft.)

$W' =$ 天然土之重量(lbs/cub. ft.)

堤上如有動載重 (live load) 通過時，則應與土之重量合併而計算之。

除上述之外，視其困難之程度，順次用下列方法處理之。

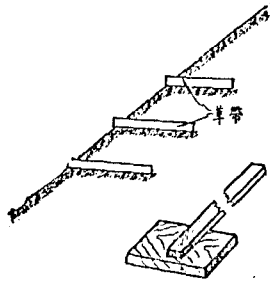
- (1) 平行於填土路線，挖側溝以排水時，可使地盤加強。
- (2) 若知築填地盤土砂之止動角，較填土之止動角雖小，應用地盤之止動角以造成堤之側面傾斜，但如此施行時，需廣大之用地。
- (3) 掘取地盤之天然土，另以安全之物質填充之作爲基礎，再於其上施行填土。
- (4) 投入礫石碎石於堤下，作爲基礎。
- (5) 打入短樁，使地盤緊縮而加增其承載力。
- (6) 以柴編網或用竹皮筏以盛土，又或於柔軟地盤之上，造成一種浮筏，使負擔上部之重量，但僅能於提高 0.6 m 至 1.0 m. 之間採用之。
- (7) 沼澤之地，不能用上述諸法施行時，則投入多量之礫石之類，使達於地盤底下之硬層，至無沈下時，於上層築堤以達所要之高度。

7. 築堤斜面之保護 傾斜面應加保護以免受雨水之洗刷，普通於其面上鋪植青草之類，或蒔其他植物之種子，有時植小灌木於其斜面之上，石材豐富之地，則築造石垣，固爲最當，若斜面可無崩壞之虞時，任其自然亦可，其他有用柵或柴草等之結束

物，鋪於斜面以保護之。青草有草帶及草皮之二種。

草帶工： 於斜面鋪厚 0.15 m 至 0.45 m 之黃土一層，每隔 0.18 m 至 0.3 m 之距離，貼附細長之青草帶，以木板輕敲使之貼着，如第 52 圖。

圖 52



草皮工 (Sodding)： 草皮約為 0.3 m 之方形，沿坡面完全貼附之，此法固良，但價格過高，乃其缺點。

8. 建築物附近之填土 擁壁橋座等背面附近約 3. m 處之填土，應分為若干薄層填入，各層分別搗固，已如前述，拱橋及橋座擁壁附近，施行填土時，可先作木造棧橋，由其上降落土砂，此時最應注意者，於小跨度 (Span) 之拱橋或拱形暗溝，因其土砂之搬出困難，若由其一側填土，將有偏壓作用於拱環，而使之破壞者有之。故土砂須由兩側搬出，徐徐踏固為平層，便不發生偏壓。

第五節 山腹道路

路線沿山腹或傾斜地通過時，路面之一部為切土，一部為填

土，不得不施行所謂片側切取 (Half Cutting)，此時因土質發生變化，而有傾倒於填土側之虞，此時之築堤，須切地盤成階段狀，以防土砂之滑動，如第 53 圖，且排水方法，務須完善，使無雨水

圖 53



圖 54

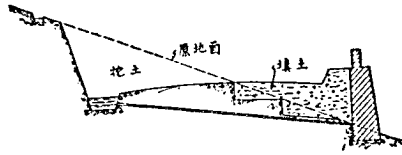
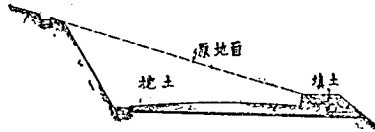


圖 55

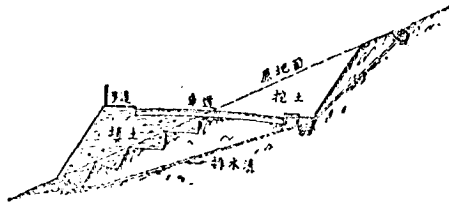


等停滯之弊。若山側之傾斜過大，則造石垣或擁壁，以擁護側面，填土而接觸水體時，則造石垣或土留壁或鋪石於其表面以保護之，如第 59 圖及第 60 圖。

岩側之道路：道路通過岩側之地盤，岩側地盤面之傾斜小於 2:1 時，則得如上述一部填土一部切取之方法而施工，如第 54 圖及 55 圖，於傾斜面作階段形，有時則設石垣以擁護其外側。若岩石之傾斜大於 1:2 之比時，則全部掘鑿之，如第 61 圖

及第 62 圖。有時於斷崖絕壁之處，穿入水平木柱，或向上吊之，或由下支持之，以供道路之用。如斷岩石質極硬時，則爆裂如第 61 圖 DEF 或 GEF 部爲宜。

圖 56



普通於此種山腹道路，高堤及彎曲過急等危險之處，爲求防止意外，常用柵欄或小堤之設置，柵欄有木柵、混凝土柵、鐵柵及石柵等，無論何種，皆須高出地上 1.0 m 左右。

山道之橫斷形狀： 山道橫斷形狀之要項，完全與通常道路相同，僅其路面形狀，稍有差異。數年以前，因排水之關係上，對於急坡度地，一般以爲非增加其橫斷坡度不可。一般橫斷坡度之增加，對於排水，其狀態固屬良好，然對於交通則多危險，特別於急坡度地爲然，故現今完全不顧及排水，而側重於交通車輛之安全。其形依谷側保安柵欄之有無而不同，若有柵欄之設備時，則與平地同樣，採用對稱形狀，若因費用或其他之關係上，不能設置柵欄時，則向山側設片面之坡度。此種斷面，雖不如通常對稱斷面之適於車輛行走，但考慮路面易滑時之危險，不得不重視車輛之安全。其偏高不宜失之過大，以約 1/40 爲良。

山道之路寬，大有影響於其工費，其土工雖依挖填土之坡度等而不同，大概言之，六公尺之寬度，比於三公尺時，須三倍半以上之土工。故於經費不足而交通量較少之處，每築成一車線，於各處設待避所，以便對向進行車之交互通過。待避所之間隔，最大每隔二三百公尺須設置之，以於此待避所能見次之待避所之距離內為適當，否則車輛每於不能交互通過之處相遇，一車不得不後退，不便已極，且多危險。待避所之寬度，最小必需二車線。長約二十公尺，其橫斷坡度，以緩為良。

圖 57

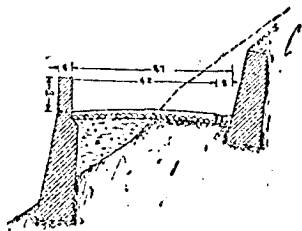
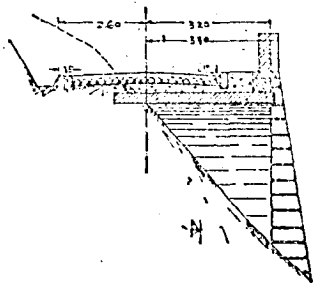


圖 58



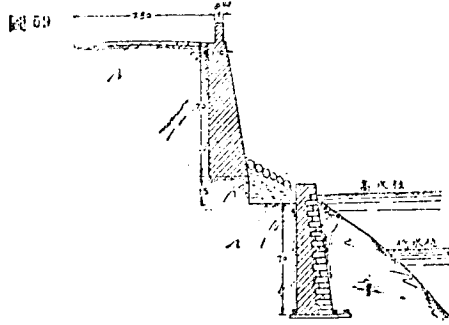


圖 60

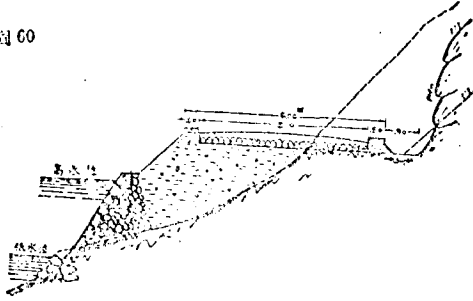


圖 61



圖 62

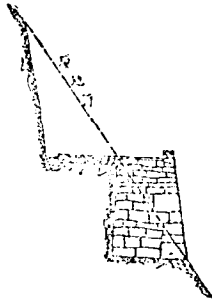
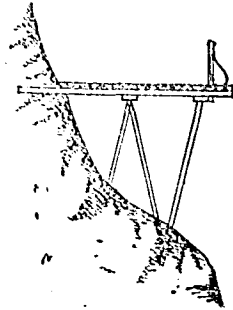


圖 63



第六節 橫跨水道之道路

與水路交叉而為橫斷之築堤或掘鑿處，其掘鑿深大時，則架設鐵筋混凝土橋、鐵橋或木橋，其構造與普通之橋梁無異。掘鑿深度小時，則用彎管 (Syphon)，此彎管之前後，以磚石築造直立井，以鐵管或土管等連結之。土管須以混凝土充分被覆之，而安置於安全之基礎上。當築堤之際，其高度大時，則用暗渠，小時，則用開渠均可。

第七節 土工費用

土工費用，乃切土或掘鑿之費、裝載之費、搬運之費三項，此外尚需搗固之費、土工器具及搬運車輛之損失等費、用作搬運之道路改修費及排水費等。

次示一日十時間勞動，普通工人可以切取之分量如次表。

第 33 表

土 質	普通土砂	疏鬆土	混土	粘土	極密砂礫	岩石
切取量(立公)	14.0~18.0	12.0	—	6.6	5.4~8.4	1.8

第十三章 排水

第一節 總說

道路普通以天然地盤爲路床 (Road Bed)，鋪道乃築造於路床之上，支持往來之載重，故路床須常行排水，以保護其地盤耐力，由此思之，地下排水設備，實爲必要，又降於路面之雨水，於可能範圍，集合於一定排水溝內，使其從速流去，不致停滯於路面，以免滲透於路床而致軟化，側溝須設置相當之縱斷坡度，以宜洩水量入於自然之排水地點，或流入集水管，使之轉流入於地下埋設之管道，以免側溝集水停滯，滲入路床，故道路之排水，有地下排水 (Under-ground Drainage)，表面排水 (Surface Drainage) 及側溝排水 (Ditch Drainage) 之三法。

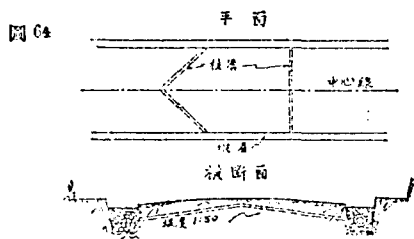
第二節 地下排水

欲使地下水位低下而行地下排水，此法施於如砂地之滲透性土質，固不待論，即於普通土質，亦頗有效，且路面無特別之被覆物時，雖屬間接，同時有排除表面水量之功用，再藉日光與風吹，路面方得常保乾燥狀態。地下排水之主要目的，乃行施工基礎之排水，以保護其地盤耐力，在冬季時節，水分既除，因凍結而生之破壞，可免發生，再路面霜雪溶解時，有將表面水分迅速導入於地下之作用。

路床設於頗深之切土底部，如於其兩側有地下水湧出時，則

於道路之兩側另設排水溝。又於山腹，為一側之切土設置路床時，則於切土側設排水溝一道。即平坦地帶，如大體屬凹地而常潤溼之處，亦應如第 64 圖所示，與道路並行，設二條之排水溝外，更設橫斷道路之橫排水溝，使與縱向排水溝相連結。又路面狹窄時，則於路之中央，設排水溝一道，導入於自然排水之路。橫斷排水溝，有垂直於道路中心線而設置者，有斜交於道路中心線而設置者，斜交設置者，其排水導程雖長，但可減緩其排水坡度，故頗多便利。橫斷排水溝敷設之距離，雖依土質而不同，但地下排水之有效距離，如於砂或礫石地基，排水溝左右約 9. m 至 12. m.，又於粘土地，約 2.5 m 至 3. m，故前者之橫斷排水溝之配置距離，約每隔 18. m.，於後者，約每隔 5. m. 設置之。

排水溝之構造甚多，有用暗溝（Blind Drain）者，其排水坡度以 1:60 為適當。



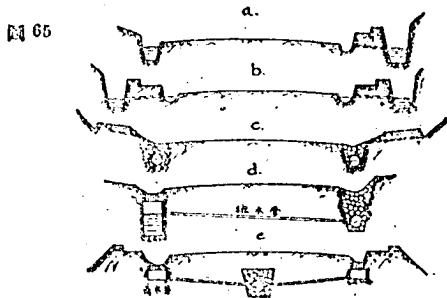
第三節 表面排水及側溝排水

表面排水，乃降於路面之雨水，使之流向於側溝之方法，路

面之中央，築造時使之高於兩側，如此則雨水自然流入於側溝。路中央高出之程度，依鋪道之種類而不同，鋪面愈滑，則其高度愈小；路面愈粗，則其高度亦愈增。中央高出，稱為橫斷坡度，或稱為路頂 (Crown)，依橫斷坡度而集於側溝之雨水，依並行於道路之側溝縱斷坡度 (最小 1:200 特殊 1:600)，放流於適當之排水路。若於平坦道路，無縱斷坡度時，則單於側溝，附以坡度而行排水。街路如分成車道步道二種，則路面水量，可使流至步道車道境界處之 L 形溝。L 形溝之下，設置雨水井以集雨水，隨雨水流來之泥砂等，使之沈澱於井之底部，上層水分，則由雨水井通至連結支管，再行流入於主管。

側溝之大小，須考慮路面之寬度，及附近流出之水量等，使其俱有充分流去此等水量之餘地，如橫斷排水溝與側溝相連接時，或使 L 形側溝之水流入於側溝時，因取排水坡度，不得不使側溝之深度加大。

側溝之形有 V 形、梯形、矩形、半圓形、L 形等、第 65 圖乃示表面及側溝之排水方法者也。

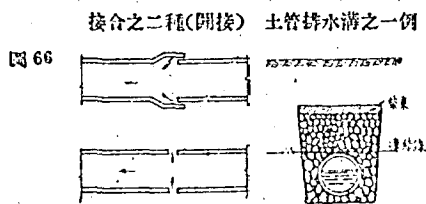


第四節 排水溝之式樣

排水溝有開溝 (Open Ditch) 與暗溝 (Blind Ditch) 二種，前者乃溝之露出於表面者，後者溝上更施以被覆而不露出於表面。普通之側溝，俱採用開溝，此處專就暗溝而詳述之。暗溝有種種優劣之分，在設計時，應依使用處所、材料多寡、工費貴賤等關係，酌量採用之。

(A) 土管暗溝

土管暗溝 (Tile Blind Drain) 如第 66 圖所示，於地盤掘下規定溝槽，裝置土管 (Earth Pipe) 或混凝土管 (Concrete Pipe) 等。管有單列與複列設置之二種。土管之內徑，以 5. cm. 至 15. cm. 者為普通，土管埋設後，以徑約 10. cm. 至 15. cm. 之卵石，填滿溝槽，在上部置柴束或蘆束等，更於其上填以泥土而搗實之，管之接縫，採用開接式 (Open Joint)，使水得自由流入，此項排水溝之坡度，應大於 1:600，小於 1:30，普通採用 1:40~1:100，



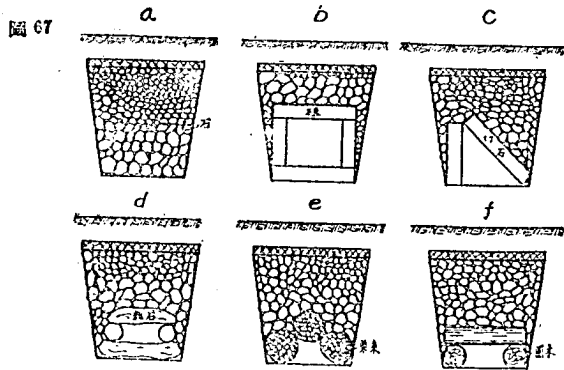
平均以約 1:60 為最良，若坡度較此為大時，則水流失之過急，而洗去附近土砂，以致發生土地陷落之虞。

土管埋設深度，依路面通過載重之大小而異，普通最小約

0.6 m, 最大約 1.5 m, 苟有 1.2 m 之深度, 已可免路上通過載重而致破損之弊, 但於寒地, 則有設置於冰凍線以下之必要, 否則管內之水遇冷冰結, 有礙排水。

(B) 暗溝 (Tind Drain) 箱形暗溝 (Box Blind Drain) 以及其他。

暗溝：如第 67 圖(a)之構造, 滿填彈石於溝中, 彈石之直徑約 9. cm 至 20. cm, 其大塊者置於底部, 漸至上部, 則漸



小, 此種排水溝, 除橫斷排水溝之短小者以外, 絕少使用, 於簡單之排水暗溝及富於彈石地方始採用之。

磚箱暗溝 (Brick-Box Blind Drain)：如第 67 圖 (b) 之構造, 其工費雖較他種為高, 但其排水能率則最為有效, 於長距離之排水溝多採用之。

石箱暗溝 (Stone-Box Blind Drain)：如第 67 圖 (c) (d) 所示, 或以平板石組成三角形, 或以粗石 (Rubble stone) 組成箱

形，稱為石箱暗溝，用粗石築造者，特稱為巒石暗溝 (Fieldstone Blind Drain)

其他如第 67 圖(e)，乃用相當大小之柴束堆積而成者，如 67 圖(f)則以木柱堆積而成者，用於暫時排水之暗溝最為適宜。

一般排水溝之出水口，土砂易於崩壞，故於出水口，特用磚石或混凝土築造之。

第十四章 土砂道路

第一節 總說

以天然土築造之道路，稱爲土路(Earthen Road)，築造最簡單且最容易，築造費亦最低廉。此種道路，僅依其地盤耐力而支持路面載重，故只於交通閑散，輕量車輛通過之地方採用之。日後其地方漸次發達，重量交通物之通行漸繁，則路面破損之程度亦漸大，此時須於路面撒布礫石碎石之類，改善其路面，以增加其耐力。

天然土，普通得分爲粘土、砂、黃土、混砂礫石四種，即在同一路線，其土質亦隨處不同，土路最適宜者爲黃土，砂及粘土次之。

一般土路之路面磨損程度頗大，含水分時，有軟化之性質，又每逢霜雪之害，其牽引抵抗甚大，已如前述。

第二節 砂路

砂路(Sandy Road)，乃道路中之最劣等者，雖由砂而成，但非純粹砂質，中含約 10 % 之粘土成分，依其砂之粘度及性質，其道路有良窳之分，一般粒度大而含有約 10 % 之粘土時，較細粒而含有約 10 % 之粘土者爲佳，蓋因水分乾溼所起之脹縮度小，且砂之飛散與雨水沖蝕之程度亦小故也。因此砂路與普通道路不同，若排水完善，反覺有害，而以含有少量之溼氣爲佳，因之於平坦之處，路頂幾可不要，且於日蔭之處，收效較大。

砂路之維持，於路面使生有根固之雜草，依車馬之通行，自然使其粒狀硬化，得防止其砂之飛散，又沿道兩側植樹，使得稍遮日光，以防止路面乾燥，亦屬一法，其最良者，則加以適量之粘土，其粘土之混合分量及築造法，與粘土砂路同。

第三節 粘土路

粘土路(Clay Road)在良好狀態時，比砂路為佳，但其缺點仍多，此種道路與砂路適成反對，若排水不完善時，則路面成為污泥，致增加車輛之牽引抵抗，步行亦感困難，如過乾燥時，路面又因收縮而生龜裂，在此狀態之下，一遇驟雨來襲，則雨水滲入，築堤因之崩壞者不少。

此種道路之改修，雖依粘土之性質而不同，大概以砂、礫石、灰燼、煤屑、爐滓、貝殼之類，約鋪厚 0.6 cm. 至 0.85 cm. 於路面上而輾壓之，苟無此種適當材料時，則焙燒上層之粘土，復均勻敷於路面而輾壓之，如於粘土路混入砂礫時，可得最良好之結果，其混合比例及築造法於次節詳述之。

第四節 粘土砂路

粘土砂路(Sandy-Clay Road)，乃用混合適當之砂與粘土而築造者，可補砂路及粘土路之缺點，而為土路中之理想者也。此種道路，若砂及粘土之配合得當時，得輕減磨損、因水軟化、霜害、及雨水之沖蝕等弊。粘土砂路之材料，有用砂與粘土之人工混合者，及自然混合者，其主要目的，在乎將兩者混合成為黃土。

或黃土狀。砂與粘土之配合，其原則將有粘着性之粘土用砂混合，使粘土適能填滿砂中空隙，兩者結合成一體，因之砂中混合粘土之分量，得由測定砂之空隙而知之，然實際砂與粘土之性質，隨地不同，故不能依一定之配合，粘土之粘着性亦各別，如以水化粘土，搗成餅狀，置模型中，使之乾燥，脫型後復浸於水，此時能長久保持其形狀者，稱為粘性粘土 (Plastic Clay)，非然者，稱為砂礫性粘土 (Ballastic Clay)，又極易崩壞者，稱為弛緩性粘土 (Slacking Clay)，弛緩性粘土，比粘性粘土，雖與砂容易混合而成良好結合，但其結合力弱，因之所造成之路面，即在乾燥狀態時亦弱，天雨之際，易生車轍，砂有純砂及含有 10% 之粘土成分之砂，又有粗細之不同，其性質亦因之有異，故其空隙，非測定一種所能決定。故於砂與粘土之配合分量，先行實驗配合而決定之，最為準確，其方法，對於砂之容積，配以粘土約 5% 至 50% 之種種比例，混合之，各加以同一之水量，充分攪拌之，各取二個同一分量，製成圓餅，附以種種記號，於日光中乾燥之，待其充分乾燥硬固時，每種各取其一，置於皿中，注水於皿使試驗體充分浸溼，視其崩壞時間之長短，以定其結合力之大小，更以上記配合製成試驗體，用機械施行耐壓試驗，依其破壞狀態，以定其結合之良否。次對於決定砂與粘土之配合之良否，有所謂粗度試驗 (Roughing test) 者，此法頗簡單，依上述砂與粘土之配合比，造成試驗體，待其充分乾燥後，以指頭摩擦以判斷其適當與否，此時含砂若多，則早破損，若粘土過多，則生土屑，若其配合適當，則因皮膚之脂肪與溼氣而發光黷，又有姆指試驗

(Thumb test), 此法乃試驗粘土之簡單方法, 以溼指接於粘土, 依其狀態而判斷其良否, 此時粘土有附着於指者, 有不附着者, 前者結合力强, 後者結合力弱, 而採用其結合力之强者。砂與粘土之配合, 一如上述得依種種實驗而決定之, 但於普通之砂與粘土, 可用為 1:2 之比, 又由砂之空隙着想, 砂內普通含有 35% 至 40% 平均 37.5% 之空隙, 以此為標準, 則砂與粘土之配合, 成爲 37.5% 與 62.5% 之比, 所用之砂, 最好爲含石英質, 堅硬而清淨者。

第五節 土路築造之順序

先行築堤或切土, 次則築造路床, 最後乃造路面, 此中更包含地下排水、側溝排水等之施工, 其他尚含道路築造時附帶一切之工事, 但橋梁等則另有橋梁學, 茲不贅述。

第六節 填土及切土

無論何種道路, 於其改良或新築時, 必有土工, 特別於新築時, 土工乃爲必要而不可或缺者也。

道路工事, 沿計劃線而爲填土或切取, 以完成築堤及切土面, 於築堤內及切土面上, 須絕對避免樹根、草根、草木之枝葉及其他易於腐敗之有機物及水分等, 此外如斜坡面之保護, 路肩之構造及其他土工作業之方法等, 皆於土工章內詳述之, 茲不贅述。

第七節 路床

土路即以築堤面及切土面爲路床，有黃土層、粘土層、礫石層、砂層等。不適於路床之土質，須除去其一部或全部，用適當材料或土質填換之方可。路床爲粘土、砂或黃土時，則除去築堤及切土面上之大石塊，於可能範圍內，土質務其均勻，不反背砂及粘土等之配合，一樣均勻鋪於表面，輾壓之使平。若路床爲粘土或砂層時，開始即附以路頂爲良，其路頂須依表面完成後之高度及表面層之厚度，豫先決定，更由此推定表面層所定之厚度及路床上應置若干粘土及砂而輾壓之，方得路面完成後之所定高度。路床附以路頂而築造之理由，蓋對於砂及粘土之混合，於可能範圍內，欲得等質之表面故也。其次若路床爲黃土時，最初即應輾壓使之完成規定高度及形狀。若於砂及粘土床上，置自然混合物而築造時，則於路床不必附以路頂，輾壓之使成水平形可也。

土路之輾壓，有用人力、獸力及機械力三種，其大規模者，則用煤油機關輾壓機 (Petroleum Engine Roller) 或蒸氣機關輾壓機 (Steam Engine Roller)，其重量有自 3 噸至 15 噸者。土路之輾壓，雖以重量較大者爲良，但須視地方之情形，適當採用之，普通多用 5 噸至 10 噸者。又如於鄉村土路，多採用直徑 60. cm. 至 90. cm.，長約 90. cm. 至 1 20 cm.，重約 120 kg. 至 150 kg. 之花崗石或混凝土圓滾，以馬力或人力牽引而行輾壓，亦有單用木槌而行搗固者。整理地基，則用鋤、鋤、搭子等器具，以人力爲之，或用平地機 (Grader)。

第八節 路面之完成

路表面之完成，依路床之性質而異，茲述各種完成方法如下。

(a) 路床由砂與粘土成適當配合之自然土時，則於路床上附以路頂，照所定之形狀及高度完成之。

(b) 路床為砂或粘土，於其上另置砂與粘土成適當配合之天然土，則照所定之形狀及高度完成之。

(c) 路床為粘土，於路床中，混入依配合比而決定之砂量時，則照所定之形狀及高度完成之。

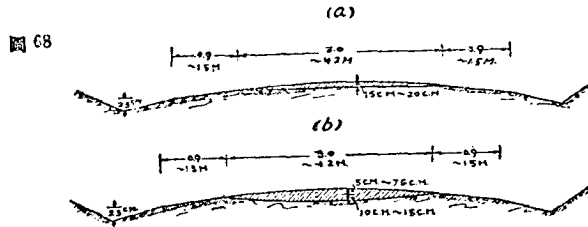
(d) 路床為砂，於其中混入依配合比而決定之粘土量時，則依所定之形狀及高度完成之。

(1) 路床為黃土時之路面完成法

路床為黃土時，則充分輾壓之使與路肩之高度成水平後，以掘土器(Scraper) 依所定之深及寬，掘成側溝，然後於道路中心，置厚 16. cm. 以上之黃土，漸向兩側漸薄，由兩路肩開始輾壓，漸及於中央，如斯輾壓至路面到所定之厚度後，乃用平地機完成側溝及路頂間成為平滑連續之路面。

(2) 路床為砂或粘土，於其上置砂與粘土之天然混合物完成路面之方法

以砂及粘土之適當天然混合物，置於砂或粘土之路床上，以完成路面時，路床須在乾燥狀態，其形雖依路頂之量與表面層之厚度而不同，但路頂小，表面層厚時，則路床完成時可為平坦，使與路肩等高，否則如第 68 圖 a 所示，附以小量之路頂，於已



完成之路床上，鋪砂與粘土之天然混合物，其厚度，路中心為 16 cm. 以上，漸近路肩，則漸薄，以耙 (Dray) 或削平地機 (Scraping Grader) 整理之後，乃由路肩處起施行輾壓，漸及於中央，如斯達於所定之厚度時，再以平地機完成側溝 (與路床同時築造者) 與路頂間成為平滑連續之路面。

(3) 路床為粘土時之路面完成法

路床為粘土時，待其充分乾燥後，附以路頂而築造之，已如前述，路頂之量，依混合砂量之多少而不同，路床如第 81 圖 (b) 所示，同時完成側溝之後，於欲混合砂之寬度內，以掘土機 (Scarifier) 掘起其土，充分粉碎之，然後以耙或平地機勻鋪之，此時所掘起之深度，雖視表面層之厚度而不同，大體欲完成為 20 cm. 之厚度時，則掘起約 10. cm. 至 12. cm. 一層，在此勻鋪粘土之上面，依實驗或依砂之空隙之比例所決定之混合乾燥砂量之半，以耙或平地機勻鋪之後，再以掘土機充分掘起混合之，又以耙或平地機整平之後，於其上均勻撒布其餘半量之砂，再以掘土機掘起混合之，經充分混合之後，再經整理使平，乃以輾壓機充分輾壓之，再在上面，以削平地機完成其表面，使側溝及路頂

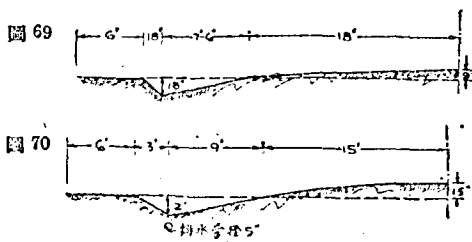
間，成爲平滑連續之路面。

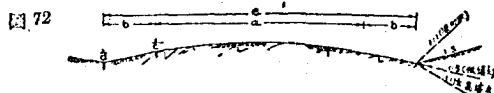
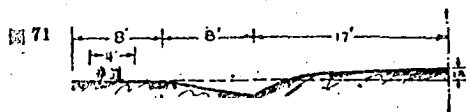
(4) 路床爲砂時之路面完成法

路床爲砂時，因其應需混合之粘土量，約爲砂量三分之一，故可比所定路頂稍低處，附以側溝而完成之，然後於應行混合粘土之寬度內，以掘土機約掘起 15. cm. 之深度，其上面以耙或平地機等整平之後，均勻鋪設依配合比而決定之粘土全量，其粘土須十分乾燥且已粉碎者，再以掘土機充分混合之後，沿原來路頂，均勻整平之，再以輾壓機充分輾壓，達於所定之厚度時，以削平地機完成表面，使側溝及路頂間，成爲平滑連續之路面。

第九節 普通土路之橫斷形狀

土路之一般形狀，如第 69 圖至第 71 圖所示，路頂，因施工之簡便上，多採用圓弧形，橫斷坡度，以約 1:12 至 1:15 之比爲適當，貼近側溝部分，用 1:4 之坡度，與路頂連結之。側溝可用較大者，其最小深度，自路肩起約 30. cm. 一般側溝，雖以淺而廣者爲佳，因與用地有關係，故於鄉間地價低廉之處外，須酌量決定之。





又側溝之深度，形狀及其設置位置，與路面之寬度相關，如第69圖，乃其淺者，第70圖，則其比較深者，又如第71圖，因欲避免兩傍樹蔭，於車道近處設置側溝時，則顯著減少其車道寬度，就此等關係，依第72圖，大略記其標準。

第 34 表

a in m.	b in m.	c in cm.	d in cm.	e in m.
3.0	1.03	10.0	13.0	5.06
6.0	1.50	20.0	26.0	9.00
9.0	1.80	30.0	31.0	12.60
12.0	2.10	41.0	36.0	16.20
15.0	2.35	51.0	41.0	19.70
18.0	3.57	61.0	43.0	22.14

第十節 土路路面破壞原因及其保養與修繕

土路路面之破壞原因，因排水之不完善與輪胎陷入於路面

而受破損者多。對於輪胎陷入致受破損之防止方法，得依輪胎寬度，載重及車輪半徑之限制以減低之。又土路排水不完善時，則完全失其價值，路面起車轍或窪陷，路肩生雜草，皆有害於表面之排水，而致路面破損，路床亦受其害。若路面既生窪下時，可將其窪下部分及四周挖起，以與路面同質之砂及粘土混合後填充之，使之較四周接觸面稍高，再充分輾壓之。其於路肩生雜草時，則隨時鋤去，側溝亦須常刈其雜草，使排水舒暢。又路面之砂或粘土不足時，則隨時補充之，苟路面過舊，破損程度過大，需多額之養路費用時，則以從新改造反較經濟。土路築造後最初約三個月間，每於雨天之後，晴天乾燥時，須經一回輾壓，努力於路床及表面之沈定硬化，此項工作，於土路頗屬重要。此外每於春秋二季，擇天晴之日，施行二回之大修理，則可得延長土路之壽命也。

第十一節 土路防塵法

土路較其他道路，易生塵埃，為防止其發生，恆於路面撒布清水，煤油，柏油 (Tar) 等，以求達其目的，是等防塵法，有種種之得失。

(1) 油之撒布 於土路表面，撒布適量之原油時，顯有防塵作用，且增加路面之不浸透性，因之更得防止因雨水等而起之路面軟化，輕減車轍及馬跡之發生，路面平滑，排水良好，且路面呈暗黑色，適於視線。

撒油於路面，欲求均勻，以使用壓力撒液箱車 (Pressure

Distributor Tank Wagon) 爲宜,然於小規模者,則可用普通撒霧器。其撒布量,三個月內撒布二次,第一次撒布量,路面每平方公尺用 1.14~2.27 公升 (litre) 之比例,初次之撒布,或撒布後經過三個月以上時,則撒布 2.27 公升,三個月內已經撒布時,則可使用 1.5 公升。撒油時,每回使用少量冷油分成數次撒布,其結果比一回使用多量之油爲佳。

(2) 柏油之撒布 以柏油爲防塵劑,使用於路面時,其防塵作用雖良好,但稍有不適於橡皮輪胎,此其缺點。

(3) 撒水 防塵目的之撒水,有使用淡水及鹽水之方法,鹽水有促進鐵類生銹之缺點,淡水有隨處可得之便。撒水用器,有手推撒水車、汽車撒水車,又於電車軌道,有撒水電車等。淡水撒水,雖易乾燥,因易得而價廉,故一般多採用之。

第十五章 礫石路

第一節 總說

礫石路 (Gravel Road), 乃於土砂路表面之一部或全部, 混以礫石及結合材, 使之硬化而造成之路面, 較土砂路能抵抗交通及風化作用, 且得防止因雨雪而致路面軟化, 輕減車轍之發生等, 其目的使路面損傷及牽引抵抗減小。礫石路較之土砂路有下列諸點之利益。

- (1) 較能抵抗交通及風化作用 (2) 路面上之載重, 得分布於廣大之面積, 輕減路面及路床之損傷等。

礫石路之主要材料為礫石, 採取頗易, 築造簡單, 因之建設費小。如於公路, 都市郊外道路, 村鎮路, 或公園路等之交通閑散之處, 如建土砂路, 則嫌路面易於損傷, 建高等路面又為經費所限, 則以採用礫石路為最適宜。

第二節 礫石路用礫石

礫石 (Gravel) 依採集地之不同, 有山礫石、川礫石、海礫石等之名稱, 又依其大度, 有大礫石小礫石之別, 其石質亦有種種。其他用篩以分別者, 稱為篩礫石, 以水洗滌者, 稱為洗礫石。而礫石路所需礫石之性質, 須適於礫石路築造之目的, 今記其目的如次。

- (a) 硬而富於韌性, 不易為金屬輪箍或馬蹄所粉碎。

- (b) 能抵抗風化作用。
- (c) 具有適當之大度，使粗細混合，其比例使細礫石適能填粗礫石之空隙，且以有稜角者為宜，扁平細長者俱不適用。
- (d) 礫石中須使用適量之適當結合材，以防所成之路面礫石之移動。

更有依石質而分類者，雖有花崗岩(Granite)、角閃石(Horn Blende)、石灰岩(Lime Stone)、砂岩(Sand Stone)、玄武岩(Basalt)、石版岩(Slate)、安山岩(Andesite)、硅岩(Quartzite)等，而其最良者為花崗岩、玄武岩、安山岩、硅岩、角閃石、石灰岩等，其中含有酸化鐵之礫石，特別富於結合力。又由採集地言之，川礫石用於道路為最適當，川礫石由上流流放而下，礫石面之軟弱部分，已被磨滅，故對於風化及交通摩擦等作用，其抵抗力大，且稍具稜角者多，扁平細長者少，產額較多而易得，因之價亦低廉。山礫石稜角雖顯，但含多量之壓土，須調節其結合材混合之比例，扁平細長者較多，產額亦較少，依地方而有不易得者。海礫石，其表面被充分磨滅，殘留部分，失之過圓，且含蓄鹽分，鐵輪易於生銹，皆不若川礫石之為宜。

第三節 礫石之大度

礫石路用礫石之大度，以徑約 9mm. 至 75 mm. 者為宜，路面類分上層下層而異其礫石之大度，上層使用 9 mm. 至 30mm.，下層可用 30 mm. 至 75 mm.。礫石路用礫石過小時，則與砂路

無異，用之過大時，則難得等質之路面，且輾壓困難。依礫石路本來之目的，若欲造成理想之礫石層，須於上列之範圍內，大小適當混合，使其空隙最小，粗礫石之空隙，填以細礫石，細礫石之空隙，以結合材填充之，結合材之空隙，以水及少量之空氣充滿之而形成一體。依此原則，先將礫石篩別，然後依適當比例配合之為合理。今由使用礫石之能保持良好狀態之道路，取其標本而分析之，得結果如第 35 表。

第 35 表 道路用礫石之篩別分析表

篩眼之大小 (mm)	篩上殘留量				
	A	B	C	D	E
60.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.40	0.3	4.6	35.6	2.1	0.0
12.70	9.6	10.0	23.5	41.3	11.7
6.35	13.0	8.7	7.4	25.5	11.0
1.59	41.1	20.2	9.1	17.8	8.4
0.94	12.1	15.3	3.2	2.2	20.4
0.64	3.9	15.9	2.7	1.3	8.2
0.64 通過量	16.2	21.0	8.7	8.4	20.2
以水洗其礫石而 浮遊於水中者	3.8	4.2	3.2	0.9	20.0
計	100.0	99.9	99.4	100.0	99.9
洗礫石之空隙	25.5	27.3	29.9	30.5	25.3

次依礫石層即二層三層等之完成法而區別其大小如次。

A. 二層式完成用礫石：

(1) 下層用礫石 通過 63 mm. 篩眼而殘留於 8 mm. 篩眼者含有 60% 以上, 此外則加以適能填充其空隙之粘土量。

上層用礫石 通過 38 mm. 篩眼者, 另加 2% 以下之粘土量。

(2) 下層用礫石 其直徑 38 mm. $\left(1\frac{1''}{2}\right)$ 至 76 mm. (3''), 再加適能填充其空隙之粘土或黃土。

上層用礫石 用徑 38mm. 以下, 加適能填充其空隙之粘土或黃土。

B. 三層式用礫石:

上層用礫石 通過 38mm. 眼篩, 殘留於 6.4mm. $\left(\frac{1''}{4}\right)$ 眼篩上者, 至少須有 60% 至 75% 之量。粗粒材(6.4 mm. 以上)之中, 須留於 19mm. $\left(\frac{3''}{4}\right)$ 眼篩上者, 其量至少在 25% 以上, 75% 以下。細粒材(6.4 mm. 以下)之中, 至少其 65% 以上, 85% 以下, 須留於 200 號篩(於一平方吋有 40000 孔)上。

中層及下層用礫石 通過 64mm. $\left(2\frac{1''}{2}\right)$ 徑眼篩, 其量至少其 60% 以上, 75% 以下, 須留於 6.4mm. 徑眼篩上。粗粒材之中, 至少其 60% 以上, 75% 以下, 須殘留於 25.4 mm. (1'') 徑眼篩上。細粒材之中, 至少其 65% 以上, 75% 以下, 須殘留於 200 號篩上。

第四節 結合材

礫石道務使礫石層充分結合, 而成堅硬之表面, 當車馬交

通之際，車輪馬蹄，不致陷入礫石層內，而生鬆動，乃屬最要條件，結合材(Binder)即負此重大任務。苟礫石路面，不經結合，則其牽引抵抗力大，並難免雨水等滲入於路床，而趨軟化。若路面完全結合時，則多數礫石，互相接合，互相支保，因之路面堅硬緊結，並得分布載重於廣大面積。如礫石路使用結合材過量時，又發生天雨泥濘，晴天揚塵之弊，且豪雨時，結合材被其冲刷而增加磨滅程度。因之結合材之配合比例，極關重要，應依結合材之性質及路床之土質，排水之良窳等而詳加考慮。茲就其種種結合材而縷述之如次。

- (a) 粘土 普通使用粘土為結合材，價廉而易得，適於路面之防水。然當降雨之際，因吸收水分而失其結合力(Binding power)，路面易於軟化而生泥濘，於晴天時，收縮顯著而生龜裂，同時易成塵芥，使礫石面鬆潔。使用粘土為結合材時，有常與以適當潤溼之必要。粘土使用分量，約為使用礫石容積之 15% 至 20%，路床為粘土質而排水不完全時，需加減其比例。
- (b) 黃土 含有砂或植物性之物質並具石灰性者，大略與粘土相似，但較粘土具耐久力，雖適用於礫石路，但稍缺粘着力，其使用分量，約為礫石容積之 25% 至 30%。
- (c) 砂 富於滲透性，且無結合力，不能造成防水路面，如僅以砂為結合材，即不適當，但混以適能填充砂內空隙之粘土量而使用時，頗著成效，其使用分量，約為礫石容積之 25% 至 30%。

(d) 石粉 含有由碎石工場所生之石粉與多少之粘土成分，乃最良好之結合材，其結合能力甚大。富於石灰性或酸化鐵分之石粉，對於結合能力，雖屬至善，但其磨滅度大。以青石等類，碎成之石粉，對於結合及磨滅能力俱屬良好，以徑 5. mm. 以下混合者為宜。用此造成之路面，雖能保持良好之狀態，但石粉產額少而價高，故僅能使用於市街之礫石路等，其使用分量，約礫石容積之 30% 至 40%。

(e) 掘起舊道路之土砂或舊道路之材料而篩別之，取其細者可作為結合材。

上列各項，雖詳述各種結合材及其配合之比例，然視礫石路之上層與下層又有不同，混合粘土或黃土用於下層時，宜在 20% 以下，以 10% 至 15% 為適當，又多少加瀝青材料施於表面上層時，其混合之粘土或黃土量，以不超過 10% 以上為宜。

第五節 礫石路之構造

礫石路之構造，依地方、市街、公園等築造地而不同，必適應於其需要而定。礫石路須完成其路床之排水，與土路同，其寬度之決定，亦與土砂路大同小異。已於前章詳述之。礫石路之橫斷坡度，依其築造而不同。

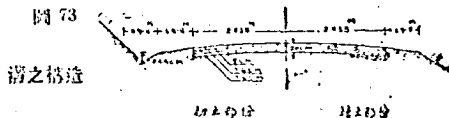
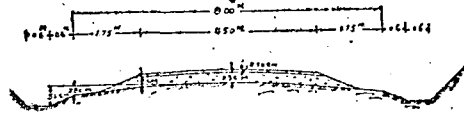


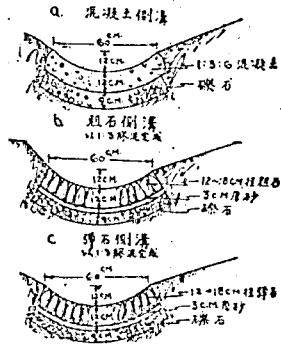
圖 74

表面構造



上路或礫石路用側溝

圖 75



普通於公路以 1:15 至 1:20，市街地約 1:25 至 1:30 為適當。其橫斷形，則採用圓弧或拋物線。又側溝之形狀及大小，大體與土砂路同，但因滲透性較土砂路少，故宜較土砂路用者為大。礫石層之厚度，雖應考慮其交通量然後決定，大略鄉村路之總厚，約 16. cm.，地方公路 23. cm.，市街路 25. cm. 至 27. cm. 為適當。苟路床土質為粘土，排水未能完全時，則於上記厚度，約須增加其十分之一。

第六節 礫石路之築造法

礫石路以土砂路爲路床，用礫石築成表層，其法有三。

- (a) 撒布礫石於路床上，經交通之輾壓造成硬礫石層。
- (b) 於路床上，直接造二層或三層之礫石層。
- (c) 於路床上掘溝，溝中造二層或三層之礫石層。

(a) 法，多於鄉村路見之，於既設土路或新設之路床上，撒布礫石，厚約 7.7 cm.，至 11 cm.，經交通量之輾壓，約經四個月或半年後，漸漸硬結，更於其上面，再撒布同樣厚度之礫石，再經交通量之輾壓而硬結之。如礫石完全不含結合材時，則可混合少量粘土。此法因依雜亂交通量之輾壓而成，故礫石撒布時，易生車轍，且礫石每依馬蹄等而被蹴散，雖時時均布礫石，欲造成等硬之路面，亦難得其完美，乃劣等之方法也。

(b) 法，稱爲表面構造 (Surface Construction)。路床之完成方法，與前述之土砂路相同，先於路床附以路頂，充分輾壓完成之後，將計量器計量堆置路旁之礫石，均勻撒布厚約 150 mm. 至 190 mm. (三層完成，下層輾壓後之厚度約爲 128 mm. 即 5 inch) 於路床之上。其撒布以馬匹曳行平地機 (Grader) 或耙 (Dray) 或以鋤簾之類爲之。再於其上面，鋪以依配合比而決定之黃土或粘土量，此粘土或黃土亦須以計量器計量之後，預爲堆積路旁，以平地機或耙或鋤簾敷布之於下層用礫石上，然後以五噸乃至七噸之輾壓機漸次撒水輾壓之。此時之撒水，宜撒於輾輪之上，使同時有沆瀣輾輪之作用。水量務須適當，如於粘土質

之路床，撒水過多時，則使地盤軟化，且水分難於排出，徒使結合材流出，而礫石有顯著陷入於地床之弊。輾壓宜由兩側漸及於中央，充分輾壓之，壓縮至所定厚 128. mm. 時，其上置厚約 100. mm. 至 128. mm. (中層厚輾壓後 76. mm. 即 3.5 吋) 之中層礫石，其法與下層用礫石同，輾壓之使達於所定之厚度。次於中層之上，同樣置上層礫石，更於下層及中層，撒布依配合比而決定之粘土或黃土或石粉等之結合材(上層完成厚 50. mm.)，三層完成時其全厚為 254. mm. (10 吋)。所應注意者，依上中下層之別，其結合材之配合率各有不同。其各層厚度之比例，大略如次。

二層礫石路：——

全厚 128. mm (5 吋)	上層 51. mm (2 吋)	下層 76. mm (3 吋)
全厚 152. mm (6 吋)	上層 51. mm (2 吋)	下層 102. mm (4 吋)
全厚 178. mm (7 吋)	上層 51. mm (2 吋)	下層 128. mm (5 吋)

三層礫石路：——

全厚 204. mm (8 吋)	上層 51. mm (2 吋)	中層 75. mm (3 吋)	下層 75. mm (3 吋)
全厚 230. mm (9 吋)	上層 51. mm (2 吋)	中層 75. mm (3 吋)	下層 102. mm (4 吋)
全厚 255. mm (10 吋)	上層 51. mm (2 吋)	中層 75. mm (3 吋)	下層 128. mm (5 吋)

(c) 法，稱為溝形構造，(French Construction) 先將土路完成為計劃路面高度之後，與路表面平行，或於兩側稍薄，掘取水

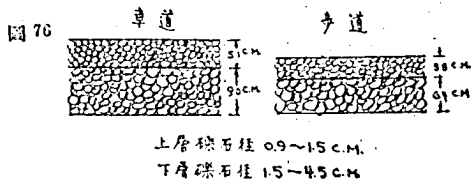
平溝槽，充分輾壓之作爲路床。溝之深度，雖依礫石層之完成厚而不同，約掘取 204. mm. (8 吋) 之深度而輾壓之，完成其溝槽之深度全體均等於 255. mm. (10 吋)，或於中央爲 255. mm.，兩側爲 178. mm. (7 吋) 之深度。在此溝中，二層或三層，依(b)之方法，完成其礫石層之路面。

下述日本京都市礫石路之規定圖及其施工規格之大要以資參考。

上層以礫石 5，黃土 1，砂 1，之比例之混合材料，平均撒布厚爲 64. mm. ($2\frac{1}{2}$ 吋)，以輾壓機往復 35 次以上，使之壓縮成 51. mm. (2 吋) 厚。

下層以輾壓機往復 30 次以上輾壓之，以等量混合之黃土及砂爲填隙材，厚在 32. mm. ($1\frac{1}{4}$ 吋) 撒布於其上，更經 20 次往復以上之輾壓，使其全厚爲 89. mm. ($3\frac{1}{2}$ 吋)。

路盤以 4 噸輾壓機 15 往復以上輾壓之。



礫石步道：——

上層以礫石 5，黃土 1，砂 1，之比例所成之混合材料，厚在

51. mm. (2 吋) 以上而撒布之。經輾壓 20 次往復以上。

下層經輾壓 30 往復以上，於其上以等量混合之黃土及砂為填隙材，厚 19. mm. ($\frac{3}{4}$ 吋) 撒布之，輾壓 30 往復以上。

路盤以 4 噸輾壓機經 20 次以上往復輾壓之。

(d) 表面構造與溝槽構造之比較

表面構造，礫石層之厚度，中央較兩旁為厚，得視交通之量，以加減其厚度，又土工費用較其他方法為少，故此法恆多採用之。溝槽構造之土工費用較多，路面較寬時，對於車不通行之兩側，亦不得十分減少其厚度，又路寬過狹時，車馬有損傷路肩之缺點。然於礫石輾壓之際，礫石無脫出於溝外之虞，於礫石產量較少之地方多採用之。

第七節 保養及修繕

礫石路築造後約一年間，應勤於其修理以及其他充分之注意。例如結合材被雨沖蝕時，須時時輾壓之使路面沉定。又經過相當年月，路面發生凹凸時，則沿凹凸部份四週掘起。配以粘土或石粉與小礫石填充之，而行輾壓或搗固。若凹凸太多，礫石層有顯著之磨滅時，以鶴嘴或掘土機將全路掘起約 25. mm. (1 吋) 之深度，撒布礫石厚約 25. mm. 至 50. mm. 一層，更於其上撒布依配合比而決定之石粉或粘土，然後撒少量水分而輾壓之。磨滅雖小而凹凸太多時，則掘取表面薄層，施行輾壓可也。

第八節 防塵法

礫石路之防塵法，與土砂路大同小異，礫石路施行防塵法時，除防塵以外，於路面之維持上，亦有重大之關係，即礫石路，雖依結合材使礫石緊結，但結合材成爲塵土，每依強風或高速度車輛之行駛而飛散，路面因而受破損，防止此項結合材之飛散，亦即所以維持路面也。有撒佈淡水、海水、鹽水、油、柏油等之方法。

(1) 淡水之撒佈 與土砂路相同，防塵時間短促。

(2) 鹽水之撒佈 以撒水車撒佈鹽水時，雖較淡水略可延長防塵時間，但易使鐵物生銹。

(3) 鹽化鈣(Calcium)之撒佈 鹽化鈣富於吸收溼性，於延長防塵時間上，頗屬有效，但費用較大，乃其缺點。鹽化鈣，恆盛於罐中，成爲粒狀或濃厚之液體，爲市場之商品。使用粒狀鹽化鈣時，先使之成爲粉末，初次每平方公尺撒佈 372. g. 自下回起則可稍減其用量。若使用液體鹽化鈣時，最初用 15% 之溶液，其後則用 8% 至 10% 之溶液，每平方公尺撒佈 2. kg. 至 2.5 kg. 之水溶液時，至少 10 日，最多 15 日間頗爲有效云。視天氣之陰晴雨雪及溫度溼度等大有關係，故不一致。

(4) 油之撒佈 與土路之情形相同，礫石路常採用於汽車不常通行之郊外路及公園路等，故其使用撒佈量，與土砂路相同。

(5) 柏油(Tar)之撒佈 與碎石路大同小異，於碎石路章詳述之。

第九節 礫石之驗收

礫石之驗收，依照設計規格書，考察礫石之品質、大度、容積等，記入於驗收簿中。檢查之結果，不合格者應即刻由施工地撥出之。

礫石計量之法甚多，有如第 77 圖(a)之木斗而計量者，或用第 77 圖(b)之截頭錐形以測定其體積者，今假定上下兩面為平行，得依次式而求其體積 V 。

$$V = \frac{h}{6} (A_1 + 4A_m + A_2) \dots\dots\dots(62)$$

式中 $A_1 =$ 上面積

$A_2 =$ 下面積

$A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$ 中央平均斷面積

$h =$ 截頭錐體之高

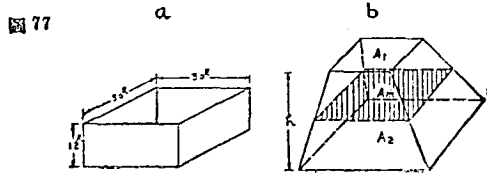


圖 77

第十六章 碎石路

第一節 總說

西曆 1764 年，法人 Tresquet 氏，最初用碎石 (Broken Stone) 築成道路，至 19 世紀之初期，英人馬克達 (J. L. Macadam) 氏與忒爾福得 (T. Telford) 氏相繼創設相異之碎石路築造法，稱馬克達氏之築造法為馬克達路 (Macadam Road)，忒爾福得氏之築造法為忒爾福得路 (Telford Road)。兩者俱於路床之上，置大石塊為基礎，再於其上置碎石，以粘土或石屑為結合材而輾壓之，乃成碎石屑之路面。其後交通漸次發達，遂需使用更有效之結合材，如柏油 (Tar) 及瀝青類 (Asphalt Kind) 等，而有柏油馬克達路 (Tar Macadam Road) 或瀝青馬克達路 (Asphalt Macadam Road) 之名。以石粉為結合材，撒水輾壓而結合者，稱為水結馬克達路 (Water Bound Macadam Road)。此碎石路用作交通開散之市街路或地方之公路，其壽命約可保十年，但與上等鋪路相較，易生塵芥，乃其缺點，與礫石路同。

第二節 道路用石材之必須條件

道路材料用石材者多，當於選擇石材之際，應先知其成因及其物理性質，其要點與礫石路所用之礫石同，如 (a) 堅硬，(b) 有韌性，(c) 有結合力，(d) 吸水量最小，(e) 比重大等是也，硬度堅可以抵抗路面之磨滅，韌性高可以抵抗因交通所起激衝

(Impact) 之破碎，結合力強可使之與石粉水互相結合，將各個石子成爲整個一體，吸水量小，則可減少因凍結膨脹所起之破壞，一般比重大者，其質堅。

第三節 石材之試驗

石材之試驗，可大別爲次之二種。

(A) 在實地上使用石材，以定其性質，硬度等。此法稱爲實際法 (Actual Method)，此法須用時間較長，是其缺點。

(B) 於試驗室內施行機械試驗法 (Mechanical Meth)，此法雖能即刻知其試驗結果，但必須機械設備。今列記此法之大略如次。

- (1) 硬度試驗 (Hardness Test)
- (2) 韌性試驗 (Toughness Test)
- (3) 結合力試驗 (Binding Power Test)
- (4) 吸水試驗 (Absorption Test)
- (5) 比重試驗 (Specific gravity Test)

第 26 表

石材之種類	平均壓力kg./□cm.	吸水量	溼潤時之平均壓力	磨滅率
花崗岩	1,834kg./□cm.	0.62%	1,770kg./□cm.	8.3%
玄武岩	3,110 ,,	0.41,,	2,800 ,,	7.3,,
斑 岩	2,120 ,,	0.76,,	2,035 ,,	6.8,,
硬砂岩	1,857 ,,	0.73,,	1,790 ,,	10.8,,
石灰岩	1,000 ,,	2.44,,	800 ,,	36.0,,
砂 岩	761 ,,	5.93,,	690 ,,	61.7,,

以上爲碎石路用石材試驗之重要者，道路構造用之骨材，依柏麥 (Boeme) 博士之試驗，必須具有如第 36 表所列之結果。

但第 36 表之結果，似稍嫌過大，實際可用德國波刻伯爾 (Bokelberg) 氏研究之結果，如第 37 表。

第 37 表

石 材 之 種 類	平 均 耐 壓 力
石 英 岩	123 kg./□cm.
玄 武 岩	96 ”
花 崗 岩	88 ”
硬 砂 岩	70 ”
石 灰 岩	64 ”
鐵 浮	47 ”
砂 岩	21 ”
磚 片	12 ”

碎石路適用之石材試驗成績，如第 38 表。

第 38 表

交通之程度	硬 度	韌度(打擊數)	磨減(磨損係數)	結合力(打擊數)
少	10—14	5—9	5—8	15—25
普通	14—17	10—18	8—15	25—30
多	17—以上	18—以上	15—以上	30—以上

碎石路用石材之佳者，爲輝綠岩，閃綠岩，其他火成岩，花崗岩及石灰岩等。

第四節 結合材與其成分

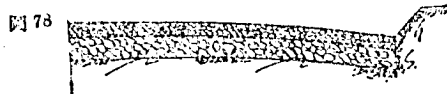
碎石路用之結合材，與礫石路同樣可用粘土，黃土，砂，石粉等，而以石粉為最良，砂則最次者也。粘土或黃土，價廉易得。輾壓及處理俱易，膠着力亦有，但較之石粉，則晴天易生塵芥，雨天易起泥濘，且易蒙霜害。石粉雖價高，難於輾壓，但能造成堅硬之路面，少生泥土塵芥，路面磨滅之程度亦小。

結合材之配合比，依粘土，黃土，石粉等及碎石之硬度，空隙之大小而不同。碎石之空隙，普通為 40% 至 50%，壓結之，則減少為 20% 至 25%，今假定完成狀態之碎石路之空隙有 4% 至 7%，則實際填充空隙用之結合材應為 16% 至 18%。然於實際，結合材自身，如石粉等，亦有 40% 至 50% 之空隙，因之欲填充上項 16% 至 18% 之空隙，應需 22.4% 至 27% 之結合材。然實際，對於處理上之損失，及用作路面最上之薄層等，須留相當之餘裕，故需用 25% 至 35% 之結合材。

第五節 碎石路之構造概要

碎石路與礫石路同，以土路為路床，依土路之形，可分成二

馬克達式



式爾福得式



種之構造法，即表面構造法(Surface Construction)，與溝槽構造法(Trench Construction)是也。又依碎石層之下層構造樣式而區別者，則有馬克達式(Macadam system)與忒爾福得式(Telford system)二種。又依碎石層之厚度，有分成二層或三層輾壓而完成之。

第六節 許可坡度

碎石路之縱斷坡度，表面不施柏油或瀝青時，約以 3% 爲宜，最大約 5%。

第七節 路床之形式及其完成

路床形式有普通形與溝槽形，溝形中有將溝底做成水平，於碎石層上再附以路頂，亦有將路頂附於路床者。路床須完全施行地下排水，故路床之土質，一般以地下排水有效者爲良，如遇粘土層時，則先撒砂輾壓之，如遇砂層時，則撒佈少量礫石輾壓之。

路床施工時，以晴天爲最良，路床如爲粘土層時，尤當特別注意。此時所使用之輾壓機，以 8 噸至 10 噸者爲適當。

第八節 碎石層厚度之決定

從來碎石層之厚度，因求應付重車之通行，而期其耐久，故採用 46. cm. (18 吋) 至 61. cm. (24 吋)，但現今能應付重車之道路，已有較碎石路優良而價值廉者，故碎石路之厚度可以 13.

cm. (5 吋) 爲最小, 普通得採用 20. cm. (8 吋) 至 30. cm. (12 吋)。

此項厚度, 若欲由理論而決定, 則有下列之 (63) 式。此式假定作用於路面上之集中載重, 平均分佈於碎石層之面積爲厚度之 2 倍平方, 成圓錐形而漸漸擴大, 至路床表面, 此圓錐之斜邊, 與水平線成 41.5 度角。美國麻省公路委員之報告, 於既設諸公路上, 使用此式時, 假定黃土之安全支持力約爲 4 井/口" (0.28 kg./口cm.), 砂及礫石時約爲 20 井/口" (9.406 kg/cm²) 云。但此乃用於地下排水, 及地質上之最不良狀態時。此式足以信賴, 故屢屢使用之。

$$d = \sqrt{\frac{W}{4p}} \dots\dots\dots (63)$$

- 式中 d = 碎石層之厚度(吋)
 W = 一車輪之支持最大載重(磅)
 p = 路床之安全支持力(井/口")

第九節 鋪路與路肩之寬度

鋪路之有效寬度 (Aeual Width), 已於第六章詳述之, 其決定應合理, 碎石比於礫石, 其價較昂, 鋪路寬度之無理擴大, 實不經濟, 路肩部 (Shoulder) 普通最小 0.6m, 最大則使將來之鋪路寬度, 能得有稍爲擴大之程度, 取爲 3.0m 有之, 普通 1.0m 至 1.5m。於交通頻繁之處, 路肩部亦築成礫石路類之路面, 使能耐於輕量交通物之通行, 爲最經濟。

第十節 橫斷面與橫斷坡度

碎石路之橫斷坡度 (Grade) 及橫斷形 (Cross Section), 視街路或地方道路等而不同, 普通碎石路之橫斷形, 採用路肩與鋪道相連續之拋物線, 其橫斷坡度, 約為 1:15 至 1:30, 宜依前章所述之橫斷坡度決定法而決定之。於寬度較大之街路, 普通採用約 1:30, 狹小地方道路, 採用約 1:25 之坡度。

第十一節 忒爾福得式路之築造法

I. 石之大度

石之大度, 依碎石層之上中下各層各不同, 又依石之硬度, 韌性碎石層全厚等而異。

今區別之為上中下三層, 而示其大度。下層即基礎用石, 其大度約碎石層全厚之 $\frac{2}{3}$, 大約長 13. cm. (5 吋) 至 20. cm.

(8 吋), 寬 8. cm. (3.1 吋) 至 15. cm. (6 吋) 之石塊。中層用碎石徑約 6. cm (2.4 吋) 至 5. cm. (2 吋) 或 3. cm. (1.2 吋) 至 1.5 cm. (0.6 吋)。上層用碎石徑約 1.5 cm (0.6 吋) 至粉末程度。基礎層之碎石之大, 須依全層之厚度而決定之。上層碎石, 視路面通過貨物之輕重及路面完成等關係, 以考慮其大小, 於重車通過之處。輾壓較難, 以使用徑約 2.5 cm (1 吋) 至 5. cm (2 吋) 者為良。為便利路面之完成, 則用小粒者為便。

又基礎層以上各層, 雖有不分層次將碎石大小混合, 使其空隙最小之說, 但於實際上, 亦利弊參半。後者比前者, 輾壓不生困難, 且空隙較小, 似覺良好, 然較前者, 難免發生不均一之磨

損，因之路面損傷較大。

II. 結合材之配合

關於結合材，於本章之第四節。雖曾述及，但結合材，有除基礎層外之各層皆用之，又有僅於頂上一層混合之二說。二者各有其得失。使空隙最小，修潤較易，並造成不滲透性之路面等，乃前者所持之理由，後者主張，則謂各層充分輾壓，僅於上層用結合材結合時，則雖於中層不混結合材，已能防止路面水分之滲透，及分布路面之載重，結局得節省材料。要之結合材，已如前述，其用量為完成厚之 25. % 至 35. %。今假使上層完成厚為 4. cm.，採用 35. % 之結合材時，則可勻佈 1.4 cm. 厚之結合材而輾壓之可也。

III. 基礎及碎石層之設置

基礎層之設置法，依路床之形狀，可分為二種。

路床平坦時，於路床中央使能成為 20. cm. (8 吋)，於兩側能成為 13. cm. 厚之程度，作為基礎，選出大石塊，將石塊面積大者向下設置，以石鏈鏈固於路床上，使石塊無移動性，全部設置後，使其上面恰成弧形如第 80 圖。此時若有移動性之石材，即不能使路面載重擴布於路床之上。次以大碎石填充其空隙，以 8 噸至 15 噸之輾壓機輾壓之，以造成堅硬之基礎。

又於路床築造時，即先附以路頂，於路床之中央及兩側，用長約 20. cm. (8 吋) 至 30. cm. (12 吋) 之石材，在全部表面上勻鋪之，然後與前法同樣，以碎石填充其空隙而輾壓之。

其次用徑為 3. cm. 至 5. cm. 之碎石勻鋪成厚約 10. cm.

至 12. cm. 之中層，漸次撒少量之清水而輾壓之，使之成爲約 6. cm. 之厚。若混用結合材時，則於碎石上，勻鋪厚約 1.5 cm. 之結合材而撒水輾壓之。

圖 80



上層以徑約 1.5 cm. 以下之碎石，勻鋪厚約 7. cm. 至 8. cm. 於中層之上，於其上面更鋪厚約 1.5 cm. 之結合材，漸次撒少量之清水而輾壓之，使成爲約 4. cm. 之厚。

IV. 輾壓

輾壓之方法，大都係由路之兩側開始，而漸及於中央。基礎層之輾壓，以前僅用 7 噸或 8 噸之輾壓機，現則有用 12 噸至 15 噸者。中層之輾壓，應漸次撒少量之水而行之，其輾壓速度，以 3.22 km/H. (2miles/H.) 至 4.03 km/H. (2.5miles/H.) 爲宜。

上層與中層同，亦應漸次撒少量之水而輾壓之，其撒水量之比例，當以每碎石一立方公尺，撒水 0.15 至 0.22 立方公尺爲準。然路床非粘土時，雖撒水稍多，亦無妨礙，若係粘土，則因每次撒水之水分，難於排出，當加注意。

對於各層之輾壓回數，依碎石之大度，結合材之量及撒水量等而不同，普通築造碎石道，約爲 100 回至 120 回。

下層忒爾福得基礎	輾壓回數	10乃至12回
中層厚 6. cm.	,,	8 — 12回

上層厚 4. cm.	,,	10—12 回
磨滅層(最後路面之完成)	,,	80—90 回
		全碾壓回數 100—120 回

第十二節 馬克達式路之築造法

I. 碎石之大度

石之大度，依上中下各層而異，與忒爾福得道所用者大略相同，下層最大徑為 7.6 cm. (3 吋) 至 10. cm. (4 吋)，若係硬石，則用徑約 5. cm. (2 吋) 至 6.5 cm. (2.5 吋) 者。中層徑約 2.5 cm. (1 吋) 至 5. cm. (2 吋)。上層依載重之輕重而有別，對於重載重，則用徑約 2.5 cm. (1 吋) 乃至 3.8 cm. (1.5 吋)，對於輕載重，則用徑 1.3 cm. (0.5 吋) 乃至 2.5 cm. (1 吋) 之碎石。忒爾福得道須於最下層使用大石塊，馬克達道則否。此二者相異之要點也。(第十一節 I 參照)。

II. 結合材

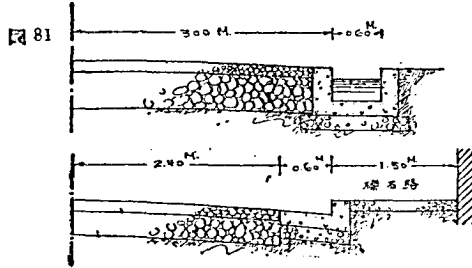
有於各碎石層混合及僅於上層混合之二主張，與忒爾福得道同。(第十一節 II 參照)。

III. 碎石層之設置

下層，於已完成之路床上，將徑約 7.6 cm. 至 10. cm. 之碎石，平均敷布厚約 23. cm. (9 吋)，再撒少量之水碾壓之，使成爲 15. cm. 厚。

次將徑約 2.5 cm. 至 5. cm. 之碎石，平均敷布厚約 9. cm.，撒水碾壓之，使成爲 5. cm. 厚。

馬克達路



上層，再將徑 1.5 cm. 以下之碎石，平均敷布厚約 5. cm. 更等布厚約 1.5 cm. 之結合材於其上，乃漸次撒水輾壓完成之，成爲厚 2.5 cm. 之路面。造成全厚約 23. cm. 之完全碎石層。

IV. 輾壓

與忒爾福得路殆相同，茲示其一例如次。

(1)路床	15 回以上
(2)下層(基礎層)	25 ,,
(3)中層	20 ,,
(4)上層	25 ,,
(5)磨滅層(表面完成)	20 回以上 90 回

總計 105 回(路床輾壓在內)

每次輾壓，其輪寬之約 $1/2$ ，須與前次輾壓之輪跡相重合，又輾壓不能達到之處，如路牙附近及路面突出物之周圍等，須以重 18.8 kg. 以上，底面積 0.09 m^2 以下之搗固器(Tamper)充分搗固之。

第十三節 忒爾福得式與馬克達式之得失比較

主張忒爾福得式者，其說如次。

- (1) 開基礎 (Open Foundation)，適於排水。
- (2) 縱於排水不充分之處，碎石或礫石不致浸入路床，又可防止路床之土，因排水不良而上浮。
- (3) 減少碎石之使用量，因之可節約碎破石塊之工費。

主張馬克達式者，其說如次。

- (1) 排水與忒爾福得式同樣良好。
- (2) 若排水完全時，則碎石不沉入路床，又路床土亦不致上浮。
- (3) 若設土管橫溝，則馬克達式對於排水比忒爾福得式為廉。
- (4) 於碎石作業進步之現在，製造碎石，極為容易。

二者如上所述，各有一得一失，故主其事者，須依地方之情形，經十分考慮比較而採用之。

第十四節 防塵法

碎石路之防塵法，與礫石路同，即撒水，鹽水之撒布，鹽化鈣之處理，撒油，柏油或瀝青之撒布，或塗布等是也。

對於柏油之塗布，於第二十章詳述之。

第十五節 碎石路之保養及修繕

碎石路破壞之原因，(1)因磨損不均，路面發生凹凸，(2)因輾壓不充分，碎石之結合材散失，成為疎鬆之路面，加速破損，

(3)因排水不充分，泥水滲出於路面上，速成破損等是也。

保養及修繕，須先判斷其破損之原因後而施行之，(2)(3)之原因，得依完全之輾壓與排水而防止之，(1)之現象，乃常見之事實，對於此，須依表面磨滅之程度，而修理之，其磨損大時，則均勻薄布表層用碎石，混以適當之結合材，漸次撒水輾壓。如磨損不大，僅於局部發生凹凸時，可將沿凹凸部份四週掘起，加以表層用碎石及適量之結合材，撒水輾壓或搗固之。至於第(2)種情形，則單撒水輾壓之可也。碎石路與礫石路同，須使修路工隊連續或常期巡視，以進行保養及修繕之工作。

第十六節 碎石機及其能率

使用多量碎石，且其碎石用岩石，并能於附近多量得之時，則以用碎石機為宜，碎石機(Stone Crusher)有往復式碎石機(Taw Crusher)。其一日工作能率，依機械之大度，及岩石投入口之大度而不同，若係口長 35.56 cm (16 吋)，口寬 25.4 (10 吋)之機械 (16"×10"碎石機)，其能率約 42.07 m³，又對於原石 6.01 m³，可得碎石約 4.2 m³ 之產額率。

次示某市花崗岩碎破能率以資參考。

第 39 表

碎石之大度	上等人夫一日破碎量	中等人夫一日破碎量	下等人夫一日破碎量
4.5 cm - 7.5 cm	50箱	36箱	25箱
2.4 cm - 4.5 cm	40箱	26箱	20箱

第 39 表中稱爲一箱者，係指石油箱而言，其容量約爲 0.036m^3 。

不使用碎石機，而用手工碎石之能率之一實驗結果，列表如下。

手工碎石能率(實施例)

普通女工	一日	0.337 m^3
普通男工	一日	0.421 m^3
專門普通工人	一日	0.998 m^3
專門上等工人	一日	1.598 m^3

第十七節 輾壓機及其能率

道路輾壓機，大別之可分爲馬克達輾壓機(Macadam Roller)，及坦德姆輾壓機(Tandem Roller)之二種型式。又依動力而區別之，則有蒸汽輾壓機(Steam Roller)及汽油輾壓機(Gassoline Roller)之二種。

I. 坦德姆輾壓機

坦德姆輾壓機，普通有前後二個之寬大車輪，各車輪因迴轉等之關係上，分離爲二個至四個而並列之。此輾壓機，使用於基礎路盤表面之完成，瀝青混凝土鋪路及片瀝青鋪路之輾壓及表面完成等。

II. 馬克達輾壓機

此種之輾壓機，前一輪如坦德姆式，分離爲二個至四個，後輪有左右二個之車輪，其寬度比較小而直徑大，其重量，普通 10

噸至 15 噸。使用於馬克達路及路床輾壓等。

又有於後輪之後方，裝置掘土器者，欲掘鬆路面時，以橢形之齒，插入於路面，加以一定之壓力，得掘起 7.6 cm. 至 10.1 cm. 之深度，此時之壓力，普通用蒸氣或壓搾空氣。

III. 蒸氣及內燃機關之得失

關於輾壓機之原動力蒸氣及內燃機關二者，各有得失，孰優孰劣，難以肯定，茲列記其得失如次。

A. 蒸氣機關之利點

- 1, 機械之性質上，對於輾壓機，振動力微。
- 2, 故障少，待遇簡易，修繕容易，機械之生命長。
- 3, 機關運轉時之音響少。

B. 蒸氣機關之缺點

- 1, 於使用之先，有發生蒸氣之必要。
- 2, 一時休止時，浪費消耗品。
- 3, 有煤煙吐出及使用火夫之必要。
- 4, 因時需給水及清灰，不能於長時間中，連續運轉。

蒸氣機關，雖有如上述之得失，而內燃機關，殆與上記成正反對，故亦時時發生故障。

IV. 道路輾壓運轉費

(A) 輾壓機運轉費中之主要費用為燃料費，茲比較之如次。

第 40 表 燃料費比較表

重量(噸)	型 式	燃料	單位	平均消費(時間)
10	Kenna Macadam	煤油	公升	3.4274

8	三菱 Tandem	汽油	”	5.5921
8	Austin ”	”	”	3.0666
6	三菱 ”	”	”	6.3'36
3	Austin Macadam	”	”	3.7832
10	Buffalo Tandem	石炭	kg.	27.360
9	Monarch ”	”	”	45.720
8	三菱 ”	”	”	30.900
8	Buffalo ”	”	”	27.900

上表，乃以使用時間除一日燃料而得之平均較量，然於工事進行中，常有休憩給水之間斷，因之實際上一時間之消費量，有多少之增加。

又由上表，一時間每一馬力之燃料，大略如次。

第 41 表

種 別	燃 料	
	石 炭 kg.	汽 油 Litre
蒸氣機關	2.28~3.90	
內燃機關		1.82~3.60

第 42 表 汽油輥壓機輥壓運轉費(1日7時間)

型式及噸數		M. 10 噸		T. 8 噸		T. 6 噸		T. 4 噸		T. 2 $\frac{1}{4}$ 噸	
一日之輥壓面積		20 輥 壓 264.5 m ²		”		”		20 回輥壓 232.2 m ²		20 回輥壓 193.3 m ²	
種 目		量數	金額	數量	金額	數量	金額	數量	金額	數量	金額
揮發油	公升	32.40	8.00	31.56	7.875	29.76	7.420	25.250	6.300	23.450	5.850
Mobile Oil	”	1.03	0.720	1.03	0.720	0.90	0.600	0.720	0.480	0.721	0.480
機油	”	0.54	0.135	0.54	0.135	0.54	0.135	0.360	0.090	0.360	0.090
Grease	”	0.23	0.100	0.23	0.100	0.23	0.100	0.136	0.060	0.136	0.060
系 屑	kg.	0.48	0.256	0.48	0.256	0.42	0.224	0.300	0.160	0.240	0.128
計			9.311		9.056		8.479		7.090		6.608

備 考	於設計時20 回碾壓，每 264.5 m ² 加算揮發油 36.078公升	同	同	同	同	於設計時加 算揮發油 22.47 公升	於設計時加 算揮發油 27.058公升

表中 M. (馬克達式) T. (坦德姆式)

汽油壓路機碾壓運轉費)一日七小時計)

型式及噸數		M. 10噸		T. 8噸		T. 6噸		T. 4噸		T. 2 $\frac{1}{4}$ 噸	
一日之碾壓面積		21回碾壓 264.5 m ²		,,		,,		20回碾壓 232.2 m ²		20回碾壓 193.3 m ²	
用料種類		數量	金額	數量	金額	數量	金額	數量	金額	數量	金額
汽 油	公升	32.40	8.100	31.56	7.875	29.76	7.420	25.250	6.300	23.450	5.850
滑 油	,,	1.03	0.720	1.03	0.720	0.90	0.600	0.770	0.480	0.721	0.480
機器油	,,	0.54	0.135	0.54	0.135	0.54	0.135	0.360	0.090	0.360	0.090
黃 油	,,	0.23	0.100	0.23	0.100	0.23	0.100	0.136	0.060	0.136	0.060
絲 屑	公斤	0.48	0.256	0.48	0.256	0.42	0.224	0.300	0.160	0.240	0.128
計			9.311		9.036		8.479		7.090		6.603
備 考		設計時，對 於20回碾壓 264.5 m ² 汽 油可豫算為 36.078公升		同		同		設計時，汽 油可豫算為 32.47 公升		設計時，汽 油可豫算為 27.058公升	

表中 M. 為馬克達式，T. 為單德姆式之略。

全額自然隨地方之市價而不同。

第十七章 鋪道材料之選擇

第一節 總說

可稱為理想之鋪裝 (Pavement) 者，須最經濟，且適合於諸方面之要求。然而對於此等道路之要求，其範圍甚廣，種類繁多，各有其特徵。又於道路鋪裝之材料，依其種類，即同一材料，又依其工法，而有種種之特長。凡此皆須依其交通及周圍之狀況，尤須依其費用之關係，而判定孰為最適當，乃極重要之事。故選定鋪裝材料以前，先須調查道路之一般情形，交通調查，乃其重大調查要項之一也。

今列記理想鋪裝之條件如次。

1. 對於科學方面之條件
 - a. 鋪面平滑。
 - b. 清淨、衛生。
 - c. 車輛之牽引抵抗小。
 - d. 對於交通，不發騒音。
 - e. 對於一般交通，不問天候之如何，無滑倒之虞。
 - f. 不生塵埃及泥土。
 - g. 建設容易。
 - h. 保養及修繕容易。
 - i. 不論天候季節，便於修理及改修。
 - j. 鋪面有不滲透性及相當之彈性。

- k. 不論於如何時期，交通上不發障礙。
 - l. 美觀快感。
 - m. 有耐久力。
2. 對於經濟方面之條件
- a. 最初之建築費低廉。
 - b. 修繕費低廉。
 - c. 改修費低廉。
 - d. 保養費低廉。
 - e. 掃除費低廉。
 - f. 交通物之原動力之消費量少。
 - g. 交通車馬之保存期間長。
 - h. 依鋪面之耐久力之經濟上之利益。
 - l. 及於地方生產物之影響上之利益。

雖如上述，但須依多種多樣之要件而選擇之，大體常被支配於經濟方面如費用關係、課稅問題、公債消却年限等。鋪道之選定，依市街道路或地方公路而不同，固不待言。對於市街道路，須考慮美觀之點、掃除之難易、清淨之程度、沿道之調和及沿道居民之嗜好等，務求適應之。至對於地方公路，其主要點與市街道路大異，祇須考慮安全、有一樣之強度及價廉等數項。

第二節 鋪道之耐久性

1. 鋪道之耐久年限

鋪道之耐久性，對於其施工法、氣候、鋪裝厚度、及鋪道上通

過貨物之性質等，大有關係。若於同一條件之下，則鋪道之耐久力，視所用之材料之耐久力為轉移。

路面之壽命，乃指不加以改良及修繕而能保持滿足狀態之年數是也。各種鋪道之耐久年限，大約如次表所示。

2. 依地域分類之耐久年限

第 43 表

鋪道種類	商業地	住宅地
片瀝青鋪路	11 年	15 年
磚鋪路	14 年	19 年
木塊鋪路	15 年	22 年

3. 依通過車輛數之耐久年限

第 44 表

階級	水粘馬克達	瀝青馬克達	馬克達基礎瀝青混凝土
A	不適當	6~12年	8~14年
B	8~12	12~13年	10~15年
C	10~3	12~15年	
D	12~15		

上表乃美國所推定者，其階級如次。

- A 級 一日通行車輛 2000 輛以上
 B 級 ,, 800 至 2000 輛
 C 級 ,, 300 至 800 輛

D級 一日通行車輛 300 輛以下

4. 依通過車輛數與鋪裝厚之耐久年限

第 45 表

A 級

鋪道之種類		平均厚	推定年限
混凝土基礎	石塊鋪路	30.5 cm	30~35年
	磚鋪路	28.0 cm	12~20年
	瀝青混凝土	25.5 cm	10~15年
	鐵筋混凝土	20.0 cm	12~15年
	瀝青馬克達	33.0 cm	5~9年

B 級

鋪道之種類		平均厚	推定年數
馬克達基礎	瀝青混凝土鋪路	30.5 cm	12年
	鐵筋混凝土鋪路	20.0 cm	16年
	馬克達及磚鋪路	30.5 cm	12年
	瀝青馬克達路	50.5 cm	10年
	塗油水結馬克達	30.5 cm	8年

C 級

鋪道之種類	平均厚	推定年數
瀝青馬克達	23.0 cm	12年
水結馬克達	25.5 cm	12年

D 級

鋪道之種類	平均厚	推定年數
水結馬克達	23.0 cm	12年
礫石路	25.5 cm	8年

第三節 鋪裝磨滅

鋪道之磨滅程度，依交通量之大小，鋪道之種類，氣候及交通物之種類等而不同，但其主因，則起於鋪道材料之種類及交通量。

以美國紐約市之實例觀之，則如次。

第 46 表

鋪道之種類	所在地	A	B	C	D	E
花崗石	布魯克林橋	3,766,694.4 ^{kg}	2.44 ^m	1,543,727	6.350	0.168
木塊	賓夕法尼亞 停車場前	2,078,167.2	3.05	684,317	12.370	0.592
花崗石	23大街	1,368,981.0	6.41	21,340	0.508	0.037
木塊	阿特蘭塔克	910,828.8	4.27	213,309	1.270	0.148
片瀝青	14大街	1,496,880.0	9.15	163,593	2.540	0.170
片瀝青	布里西萊基街	1,814,400.0	12.20	143,863	3.733	0.270
瀝青	31大街	1,451,520.0	9.15	151,317	2.794	0.192

上表中

A = 24小時內通過貨物之重量。(kg)

B = 鋪道寬度。(m)

C = 24小時內路寬 1.0 m 通過貨物之重量。(kg)

D = 一年間之磨滅量。(mm.)

E = 對於載重 100,000 kg 之磨滅量。(mm.)

鋪道之耐久度，雖受種種條件之支配，要之，在同一條件之下，欲使其耐久度增加，必須有如次述之注意。

- a. 使路床及基礎，保有一樣之強度，適足支持鋪面，使路面載重，能平均廣布於路床。
- b. 於可能範圍內，造成鋪面為不滲透性，以防止基礎及路床之受水害。
- c. 路床排水之完備。
- d. 研究路面築造材料之性質，選擇採用能適於其築造地者。

第四節 築造費

路面之築造費，恆受路面材料單價與築造難易之支配，築造材料之單價，又受材料蒐集之難易與產額數量之支配。故欲築造價廉之鋪面，則以材料蒐集容易、產量較多而路面築造之簡單者為宜。我國鋪道之築造，尚未發達，欲調查其各種鋪道之築造費，實屬難事，茲表示日本大阪市各種鋪道單價以資參考。

第 47 表

日本大阪市之鋪面築造費

鋪裝種別	單價(每m ²)
木塊	12.34日圓
片瀝青	6.66
石塊	13.16
混凝土版	5.23
瀝青混凝土	8.81
磚塊	11.61
瀝青馬克達	5.83
水泥混凝土	3.96

第五節 衛生的性質

公眾道路之鋪面，應擇其合乎衛生者，其條件為使鋪面有不滲透水性，平坦而不生塵埃，調節其溫度，不反射日光及不發生騒音等等，此外對於人類須使之無直接間接之損害。

上列各項中，鋪面之滲透水分與否，對於人類之健康，大有關係，若路面透水，則流動之污水被其吸收，天晴時即發散臭氣及細菌於空中，為害殊大。此外如使用有機物之木塊鋪路等，因木塊多少稍有腐朽之關係，而有養成細菌之虞。由上所述，以無接縫之不滲透路面為最良，即施用壓縮鋪面為宜。木塊鋪路，於衛生上，雖不適當，但於保養、修繕、掃除等加以重視，則宜列於上等鋪道之中，至於腐朽之點，則依其構造之方法及材料之選擇，得減低其程度。

由不生塵埃泥土一點觀之，以摩減度小，乾燥時不生塵埃，

雨天之際不生泥土者爲良。

關於音響一點，在現今之生活狀態，頗受重視，除鄉村外，在市街地帶，發騷音者，頗不適當，於學校、病院、事務所較多之處，尤爲重要之條件。此外於住宅區域，若夜間居民安眠後而交通尙繁之處，亦有考慮之必要。苟忽視此項要件，卽成爲腦病發生之原因。土路之影響最小，其次爲馬克達路、瀝青鋪路、瀝青混凝土塊鋪路、水泥混凝土鋪路、磚鋪路、石塊鋪路等，以石塊鋪路之音響爲最大。此外一切塊形鋪路，因有接縫，除車輪之激衝外，尙因車輛自身之彈動而發音響，如石塊鋪路，縱以膠泥(Mortar)爲接縫，亦起相當之音響，若用砂接縫時，則其音響尤大，故砂接縫最不適當。再無論何種鋪道，普通愈厚，則所起音響愈小。

第六節 滑度

路面之滑度，雖有依馬匹試驗之統計，但因現今交通車輛種類繁多，有迫於試驗之必要。美國之格麟 (Green) 氏及英國之嘿武德 (Heywood) 氏，雖關於瀝青鋪路、木鋪路及花崗石鋪路，曾行試驗，但屬統計通行於鋪道上馬匹之滑行距離。依嘿武德氏之試驗，花崗石最爲危險，次之爲瀝青木塊等。依格麟氏之實驗，則瀝青最爲危險，次之爲花崗石、木類等。

格麟及嘿武德二氏之調查結果，殊難憑信，當道路築造之際，應觀察工事地點之狀況，根據從來對於四季氣候狀態之經驗及其他之調查，而選定適當之材料。

今由車輛觀之，以瀝青材爲接縫之石塊鋪路，滑度不大，然

此時鋪石表面之完成，以不過於精細為要。於坡路，則使用特種之畸形磚或普通缸磚，而施以瀝青接縫為宜。現今之道路，以礫石路為最不滑，其次則馬克達路、具水泥混凝土接縫之石塊鋪路、木塊鋪路等，關於此種鋪面之安全坡度，已於第五章詳述之。

第七節 掃除之難易

路面掃除之難易，乃衛生上直接之問題，於鄉村道路，雖非重要，於市街道路，因路面所生塵埃，有相當之量，不可不注意者也。為減少是等塵埃之發生，應時刻注意路面之掃除，此乃必要之條件，於市街地，此項掃除費用，需相當多額。今由掃除之難易而論，土路及礫石路，最為困難，片瀝青鋪路為最容易。

第八節 鋪面受熱之吸收及放射

鋪道於日光之下，即起反射及吸收其熱量之作用，斯時，接近於鋪面部分空氣溫度之昇降，大有關係，故對於步行者及馬畜之衛生上有重大影響。

華盛頓市，曾於該市路面上 0.6 m. 之處，測定其溫度，於華氏 104 度，鋪面之溫度，得如第 48 表所示之結果。

第 48 表

鋪面之種類	路上溫度	鋪面溫度
片瀝青	104° F	104° F
瀝青塊	,,	122° F
馬克達	,,	118° F

又波士頓市測定之結果如第49表。

第 49 表

鋪面之種類	路上日蔭處之溫度	鋪面溫度
片瀝青	99° F	113° F
木塊	,,	124.5° F
花崗石	,,	115° F
馬克達	,,	102.5° F

如上記，溫度雖依路面材料之性質及地方之情形等而不同，其主因則依材料之性質。

熱度對於牽引抵抗之影響，依英國阿格(Agg)教授之說，如瀝青路，因溫度之增加而抵抗亦隨之。

第九節 舒適與美觀

人畜步行或車輛行駛於路上時，其路面應富於彈性而且平坦，使步行者不覺費力，乘車者心地舒適，此乃最切望之事。同時更築造與沿道互相調和而適於興趣之路面，則可增加其美觀，使通行者發生快感。凡人必擇其適於健康及興趣者，因其好尚習慣，遂致不顧經濟上之得失。由此點觀之，以無接縫之瀝青或混凝土鋪路為宜，比於材料之種類，鋪道構造方法之影響尤大。鋪道中，使步行者發生快感者為瀝青類之鋪道，由美觀上着想，雖依各人嗜好之不同，但一般與沿道互相調和者為最良。

第十節 路面抵抗

路面抵抗之大小，直接關係於牽引抵抗，已如前述。路面抵抗乃為鋪面之選擇及改修上，應加慎重考慮之重要要素。左右牽引抵抗之要件，雖如前述，然因此等有相互關係，苟欲分別考慮，實屬困難。一般路面抵抗大時，則車輛之牽引力亦必增。又路面抵抗大，不僅增加車輛之牽引力，且增加路面之損傷、車輛之破損等，如汽車，增加其牽引力時，則增加其汽油之消耗量。且此項消費量，又依路面之種類、天候、氣溫、機械之良窳、速度之大小等而不同，茲示其大略如次表。

第 50 表

鋪道之種類	汽油每加倫能行英里數
土砂路	5.78
礫石路	9.39
瀝青路	9.48
磚路	9.88
混凝土路	11.73

又依阿格教授調查之結果，貨物汽車之汽油消費量與運搬能率之關係，如第 51 表。

第 51 表

鋪道之種類	汽油每公升密公里
施工不良之土路	5.6
礫石路	8.5
瀝青鋪路	9.3
混凝土路	12.2

依上列之成績，以混凝土鋪路、磚路等為最良，其汽油消耗量皆與牽引抵抗成正比例，但由實驗之結果，除上列外，尚有空氣抵抗及迴轉抵抗之消費，及因彈簧、發動機及其他之磨損而生之消費。阿格教授，於良好路面，在普通狀態之下，視兩者之比例約相等。故汽油之消費量，得為判定鋪道之經濟價值之資料，鋪裝選擇上之重要要素也。

第十一節 鋪道改良後之效果

研究改良現存道路之效果，乃改良費之投資上，重要之根本。改良現存道路為良好之鋪面，原路愈劣者，其效果愈大。今以數字表示其效果如第 52 表。但表中以善良鋪面為 1.0。

第 52 表

鋪面之種類	效果之度
善良鋪面	1.00
馬克達	1.00
濕青馬克達	1.20
礫石路	1.60
土砂路	2.20

由上表觀之，土砂路之效果最為顯著，馬克達等之效果最小。改良土砂路而用鋪面，究有若干利益，因需種種複雜之調查，難以明言。

今單就車輛動力與燃料，輪胎之消耗，器械之磨損及其他運

搬器具之節省等着想，於最近期內，若改良土路成爲上等鋪道時，在日本，乘用汽車每公里每日有六厘二毫（每英哩一分），對於運貨汽車，每噸每日有 20 圓之利益。若通年計算，則有 7300 圓之利益。車輛愈大，其裝置能力愈良，速度愈增，則其利益愈大。今示日本貨物汽車費用之實例如次，以資參考。

司機及助手薪資	135.圓
一個月之汽油費	317.圓
輪胎之一個月費	310.圓
修繕費	123.圓
機械油、布、其他	30.圓
汽車庫月費	30.圓
燈及其他之月費	120.圓

假定一個月 28 日使用

每輛購價 8000 圓之利息	20.圓
積載手續一個月	60.圓
2.5 噸貨物汽車	計 1,150.圓

假定此項費用，每個月內使用 28 日，則每日之費用約爲 41 圓。

今假定某市之乘用汽車數爲 7,000 輛，貨物汽車數爲 3,000 輛，兩者之總數爲 10,000 輛（如上海市，其總數在 10,000 輛以上）。因路面之改良，由輪胎及汽油等之消耗，車輛之損失等，每月一輛平均能減輕 2 圓，則總共每月有 20,000 圓之減省，統年計算，則達 240,000 圓之鉅額，若用以充路面改良費，假定

每平方公尺改良費爲 2 圓，則得 120,000 平方公尺之改良路面。結局鋪道改良之價值，由上述減省費用觀之，可以知之也。

第十二節 結論

第一節至第十一節所論，皆屬關於鋪道之要素，然可由數字上比較各種鋪道之利益如第 53 表。

第 53 表

道路種類	建設費	牽引抵抗	掃除	音響	塵埃	滑度	合計
理想鋪路	10	10	10	10	10	10	60
片瀝青	3	10	10	7	10	4	44
混凝土基礎磚鋪路	5	8	9	6	9	8	45
混凝土基礎木塊鋪路	1	9	9	9	7	4	59
混凝土鋪路	6	9	8	6	7	6	42
瀝青馬克達	7	8	9	9	8	7	48
馬克達	9	6	3	10	4	10	42
礫石路	9	5	1	10	3	0	38
施防塵之馬克達	9	6	3	10	6	8	42
瀝青混凝土	7	9	9	9	9	7	60
土路	10	2	1	10	1	10	34
混凝土基礎石塊鋪路	1	3	7	3	8	7	29

依上表，若僅以其合計而判斷時，土路較石塊路爲良，但實際上有多少之相差。用此表與擬築造之路之要求相對照，有重視其條項之點數之必要。今略述各種道路之概念如次。

第一，天然之土砂路，若施以適當之維持與修繕，則適於交通閑散，天候比較良好之處。

第二，砂粘土路，若非特別注意其路面之築造，則與天然路僅具有同樣之強度。砂粘土路，堪於適量馬匹及少數汽車之通行，但基礎不固時，則不適宜。

第三，礫石路，若築造時加以注意，則適於頻繁之馬匹，乘用汽車及少數運貨汽車之通行。

第四，水結馬克達路上駛行車輛與礫石路有同樣性質時，適於礫石路以上之交通量。

第五，馬克達路上，塗布瀝青等類者，稱為瀝青塗布馬克達路，比較他種道路，雖必需更多之維持及修繕費用，但特別適於乘用汽車之通行。又適於少數運貨汽車之通行。

第六，瀝青道路，適於乘用汽車，頻繁之馬匹及中程之運貨汽車之通行。

第七，混凝土路，適於與瀝青路具同樣性質之車輛之通行，特別以爲汽車路而被推用，比瀝青路堪任稍重車輛。

第八，磚鋪路，適於與混凝土路有同一性質之交通，磚路及混凝土路，採用於交通頻繁之處，較其他路面，比較經濟。

次以美國某氏之說爲標準而言之，則如次。

第一，一年間，每路寬 0.9 m (3') 而有 20 萬噸交通量之街路，則用水泥混凝土作基礎，15. cm 厚之石塊作鋪面爲宜。

第二，於第一流之商店集中處所，一年間，每路寬 0.9 m 有 10 萬噸之交通量，則於 15 cm (6") 厚之混凝土基礎上，鋪

15. cm 厚之堅質木塊鋪路爲標準。

第三，一年間，每路寬 0.9 m 而有 2 萬噸之交通量之閑散處如住宅地區，則於厚 20 cm (8") 之大石塊基礎上，築造厚約 13 cm (5") 之柏油馬克達路爲宜。

第四，對於路寬 0.9 m 一年間有 5 千噸交通量之處，則於厚約 13 cm. 至 15 cm. 之石塊基礎上，築造厚約 13 cm. 之馬克達路爲標準。

第五，於支路及路寬狹小之處，一年間有 6 萬噸之交通量時，則以敷布 10 cm. (4") 至 15 cm. 厚之砂岩，並於中央施行排水者爲宜。

第十八章 鋪道基礎

第一節 總說

於道路，稱爲基礎者，依土砂路與鋪道而不同，一般於土砂道路，普通稱爲基礎者，乃指路床而言，於礫石路碎石路或鋪道，稱爲基礎者，乃位於路床與路面之間，直接接於路床之部分。鋪道之壽命，多被支配於基礎之良窳，故基礎之築造，須使其堅固，而支持此基礎之路床，亦當期其完善。

對於路床之研究，於美國 1921 年，哥爾德柏克 (A. D. Goldbeck) 及約克孫 (F. H. Jackson) 二氏最初公佈其土壤試驗之結果，其翌年倍德 (J. R. Boyd) 氏，更作有系統之試驗，而發表其結果。爾後美國各道路局，對於此項試驗，一般俱實行之，而我國至今未見舉行，甚爲遺憾。今後之道路方面人員，對於勵行路床之物理上及化學上之研究，以期築造確實完善之基礎，乃重要之事而不可忽者也。今將路床試驗項目列記之如次。

- (1) 由路床破損處，採取其土，詳記關於其處之排水情形、地勢之狀態、路面之構造及其種類，及其他關於道路之事項，送於試驗室而行物理及化學試驗。
- (2) 研究關於道路之實際排水。
- (3) 以簡單機械，當地試驗其土質之承载力。
- (4) 用化學方法使路床不吸收水分，而試驗其承载力之增加。
- (5) 使路床吸收水分，實際檢驗其承载力。

- (6) 依機械方法，試驗其承载力之增加。
- (7) 試驗路床凍結或解凍時之承载力及容積之變化。
- (8) 研究水分含有量與容積之關係。
- (9) 研究路床受壓之分布狀態。
- (10) 研究構成路床之土質，實際上應如何區別，例如依土壤等之篩別試驗等。

欲築造堅固之基礎，則必行排水，以有一樣強度之材料，人工築造之。今大別基礎為天然基礎 (Natural Foundation) 及人工基礎 (Artificial Foundation) 之二種。

第二節 天然及人工基礎

道路一般於地上築造者最多，因之關於天然地盤，必須充分研究。天然地盤，有種種之土質，其主要者為黃土、砂、粘土、礫石、灰泥 (Marl)、泥炭 (Peat) 等及其他種種之土質。

當道路新設之際，除掘取標本而檢查其土質外，應於施工地，實行載重試驗。若係普通路床時，則有如次記之承载力。

排水良好之處：

39060. kg/m² (8000 井/口') — 58590 kg/m² (12000 井/口')

含少許水分之處：

19530. kg/m² (4000 井/口') — 39060 kg/m² (8000 井/口')

如難得上記之承载力時，則必須改良其天然地盤。

第 54 表 地盤安全支持力表

地盤之性質	英噸/方	公噸/m ²
流砂、泥炭、沼池	0.00—0.20	0.000—2.187
泥土、硬泥炭	0.20—0.25	2.187—2.733
海底礫石、沈澱物	0.20—0.75	2.187—8.203
小礫石、混合土	0.75—1.50	8.203—16.405
混粘土	1.00—2.00	10.937—21.874
密齧砂	2.00—4.00	21.874—43.747
固齧砂	4.00—6.00	43.747—65.621
混細砂之固粘土	2.00—4.00	21.874—43.747
黃色之固粘土	4.00—6.00	43.747—65.621
青色粘土、卵石、礫石	6.00—8.00	54.684—87.494
固齧礫石	8.00—10.00	87.494—109.368
軟岩	5.00—10.00	54.684—109.368
硬岩	15.00—30.00	164.052—323.104
最堅岩	200.00—	2187.400—

1. 天然地盤之改良

天然地盤之改良，以排水為主，若排水完善時，不僅能保持其承載力，且可除霜害。

其改良方法，依路床土質而不同，若係粘土，則混以砂或礫石，若係礫石、砂時，則混以多少之粘土而輾壓之。若路床係腐植土時，則掘去之而填其他相當材料。若係濕潤路床，未達所定之承載力時，則鋤取相當之深度，換以約 60 cm (2') 厚之乾燥土質而輾壓之。至乾燥土之填換厚度，雖視填換之土質而不同，總以

填換之土質依毛細管現象，吸收底部之水分，且能得相當之承载力之厚度為標準。

所應注意者，依土質，因輾壓而反使其毛細管現象加大者有之。

2. 人工基礎

人工基礎，務使造成強度同一，恆於人工基礎之上鋪設鋪道。其種類大體如次。

礫石基礎 (Gravel Foundation)

礫滓基礎 (Slag Foundation)

彈石基礎 (Pebble stone Foundation)

碎石基礎 (Macadam and Telford Foundation)

V形基礎 (V. Drain Foundation)

混凝土基礎 (Concrete Foundation)

瀝青混凝土基礎 (Bituminous Concrete Foundation)

其他之基礎

(a) 礫石基礎

此項基礎，可採用於地盤軟弱而礫石易得之處。其施工方法，先於軟弱路床之上，均勻撒布厚約 15.3 cm 至 48.7 cm 之徑約 5 cm. 至 6.3 cm. 之礫石而輾壓之，並充分完成其排水工作。

(b) 礫滓基礎

此項基礎，將熔鑄爐等所生之礫滓破碎之，均勻撒布於軟弱路床之上，其厚約 12.7 cm 至 20.3 cm.，充分輾壓。此項基礎，雖比礫石或碎石基礎為堅固，但其產量較少，每於大製鐵工場之

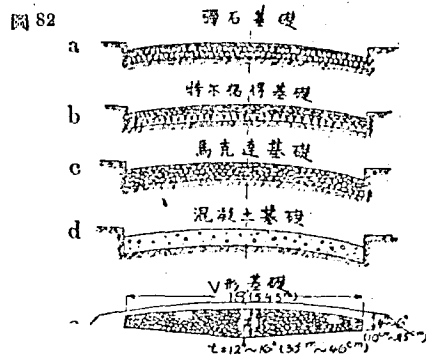
附近始採用之。鑲洋較礫石碎石富於稜角，故易輾壓，但於破碎時，多費手續，且因重量較大，有增加其運搬費之缺點。

(c) 彈石基礎

此乃於路床上，排列一層或數層之徑約 10. cm. 至 20 cm. 之彈石而成之基礎，彈石豐富之地採用之。(第 82 圖 a)

(d) 碎石基礎

此項基礎，曾於碎石路章詳述之，茲不贅述。(第 82 圖 b 及 c)



(e) V 形基礎

此項基礎，如第 82 圖 e，於道路之中央底部，集地下水，導之於一定之方向，流入與側溝連絡之橫溝，而將水分排去，於中央溝形之部分，以碎石充滿之，碎石層之底部用碎石，較上層用者為大。此項基礎，於排水不良地或顯著蒙受霜害之地採用之為最有效，但因多費石材，且築造上更需較多之手續，故於普通之地基採用，則不經濟。使用碎石之大度，於底部約為徑 12.7 cm

至 20.3 cm.，於上部約為 3.8 cm. 至 5.1 cm.，基礎之厚度，依交通物之輕重而不同，普通於中央部為 30.5 cm. 至 46 cm.，於兩端為 10.2 cm. 至 20.3 cm.。

(f) 混凝土基礎

此項基礎，用於較上等之鋪道，其厚度普通 10. cm. 至 15. cm.，於市街地交通頻繁且地盤軟弱之處，則有用 10. cm. 至 25 cm. 者。此項基礎之施工方法，大體分成次列四種。

- (1) 敷設混凝土於路床之方法 (Mixing Method)。
- (2) 豫先於路床上鋪礫石一層，後乃撒布乾燥水泥砂之混合物即乾膠泥，再行注水使之成為混凝土之法 (In silt Method)。
- (3) 先造規定厚度之礫石層，後乃注入膠泥漿之法 (In grouting Method)。
- (4) 用混凝土版塊作基礎而鋪設之法。

雖有上列之四法，而最普通者，為第(1)法。普通混凝土使用水泥，(Cement)，其成分以 1:3:6 為適當，於良好鋪道之基礎多採用之。(2)之方法，於路床上先鋪設規定厚度之礫石或碎石一層，輾壓後，撒布成分約 1:3 之乾膠泥，填充礫石或碎石之空隙，其後漸次撒水輾壓之。(3)之方法，如第(2)法先築礫石或碎石層，於其上面注入成分約 1:3 或 1:4 之軟混膠泥漿，填充礫石或碎石之空隙，再行輾壓。第(4)法，首先在比國施行，先照所定厚度，造成混凝土版塊，後乃鋪設於路床之上。版塊之大度，有 40.6×43.2×15.2 cm. 及 40.6×40.6×10.2 cm. 二種。其成

分爲鑛滓 7 水泥 1 之比。其設置方法，於路床上先置厚約 10.2 cm. 之砂，於其上設置混凝土版，此法於交通頻繁之市街地而不易斷絕交通之處，最爲適用。

(g) 瀝青混凝土基礎

此種基礎，用於較上等之鋪道，乃爲水泥混凝土基礎之代替，其強度較次於水泥混凝土，如取去其上層鋪裝時，則損及基礎，故上層被磨損而致基礎露出於表面時，應卽刻加以適當之修理。此種基礎又名爲黑色基礎 (Black Base)，其築造方法，於片瀝青鋪路章詳述之。

(h) 利用舊道路或舊鋪路爲基礎

於已不堪使用之舊鋪路例如石塊鋪或磚鋪路等之上，再行鋪設瀝青鋪路之類，

如利用舊鋪面作爲基礎時，須謀基礎與表面鋪裝互相密着，基礎表面，須先洗清，待其充分乾燥後，乃行表面鋪裝。又利用舊碎石路爲基礎時，須先修整其表面凹凸，緩和其橫斷坡度，然後施行表面鋪設。

第十九章 道路用瀝青材

第一節 總說

最近瀝青 (Asphalt)、柏油 (Tar) 等之瀝青材，廣用於道路之建築，故研究其產生，乃最重要之事。

瀝青，自古已有，‘Asphalt’ 乃希臘語，‘Bitumen’ 乃拉丁語，土之油脂之意。天然成爲種種形狀而產生，有固體、半固體、液體及氣體者，其化學組織，乃碳氫化合物 (Hydro-Carbon)。氣體與液體者，大多數不含氧、硫、及氮，固體者，則多含此等物質。

瀝青有如油之臭氣，其固體者，摩擦之或劈開之，則放特別之臭氣，其臭氣較少者，熱之則發強臭。

液體瀝青帶赤黃色，固體者呈深褐色或黑色，其條痕則呈褐色。斷口呈介殼狀，但質不良者，則呈不規則狀。以吹管吹火於其上，即刻燃燒，殘存者爲有機物與無機物之灰燼。

第二節 瀝青

a. 定義：

1. 瀝青： 固體或半固體之天然瀝青，或由含碳氫混合物之煤油精製而得之固體或半固體之瀝青。通常發現之瀝青，恆有種種之礦物質及有機物。
2. 天然瀝青 (Crude Asphalt)： 瀝青、砂、粘土、水及有機物等之天然混合物。

3. 精製瀝青 (Refined Asphalt): 天然瀝青之加熱而除其水、有機物及無機物之一部或全部者。

4. 岩瀝青 (Rock Asphalt): 砂岩或石灰岩之天然含有瀝青者。多產於歐洲。

5. 瀝青水泥 (Asphalt Cement): 混入某種溶劑 (Flux) 於精製瀝青中, 以增加其粘性及強韌性, 使適於路面之使用者。

b. 種類: ——

1. 天然瀝青 (Native Asphalt): 天然瀝青之主要者, 有如下述之諸種。

特立尼達瀝青 (Trinidad Asphalt): 近英領西印度委內瑞辣 (Venezuela) 之北海岸之特立尼達島所產者, 產量頗多, 該湖面積約有 150 英畝 (Acre), 深度約有 135 英尺, 呈青灰色, 多含有機及無機之不純物, 運往美國精製之。

北爾慕他瀝青 (Bermudez Asphalt): 北爾慕他, 委內瑞辣及南美間之一湖所產生者, 產量頗多, 含粘土、砂及植物質, 運往美國精製之。

岩瀝青 (Rock Asphalt): 產於歐洲, 歐洲各國所用瀝青, 大多屬於此種。

2. 煤油瀝青 (Petroleum Asphalt):

煤油, 大體可分為石蜡 (Paraffine) 質煤油, 半瀝青質煤油及瀝青質煤油之三種。石蜡質煤油, 少粘着性, 不適於道路工事。半瀝青質煤油, 乃石蜡與瀝青之混合物, 用分溜法, 由此而提出

多少之瀝青，產於黎塔啓 (Kentucky)，路易斯安那 (Louisiana) 及得克薩斯 (Texas) 等地。瀝青質煤油，較石腊質煤油為重，燃性頗強，所謂煤油瀝青 (Oil Asphalt) 者，即由此而取出者也。產於美洲如加利福尼 (California)、墨西哥、得克薩斯等地。依產地不同，而質各異。

第三節 柏油

道路工事所用之柏油，乃於散炭或煤氣製造時，由煤內分溜而生之副產物，可分成次記各種。

1. 煤柏油 (Coal Tar): 由煤內分溜而產生者。
2. 散炭爐柏油 (Coke-oven Tar): 製作散炭時之副產物。
3. 煤油氣柏油 (Oil-gas Tar): 由煤油製造氣體時之副產物。
4. 土瀝青 (Pitch): 由柏油之蒸發或分溜而產生之固體殘留物。
5. 精製柏油 (Refined Tar): 柏油之依蒸發或蒸溜而除去其水分者。其水分完全除去者，稱為脫水柏油 (Dehydrated Tar)。
6. 水氣柏油 (Water-gas Tar): 由煤油製作炭化水氣時之副產物。

第四節 瀝青乳劑

瀝青乳劑 (Asphalt Emulsion)，乃依乳化劑(或不依乳化劑)

之助，分瀝青爲細微分子，分散於水中而成者也。明顯言之，可稱爲親水性瀝青。

瀝青乳劑，於二十餘年前，美國之威斯忒拉蒙氏已發現之，該氏造成之乳劑、瀝青及水外，尚含有多量之鹼化性或鹼質物，其安定度過大，不易分解或還元，爲其最大缺點，即乳劑撒布於路面時，瀝青與水，不能即刻分離，長時間仍保存其乳劑狀而不發揮結合能力。最近發現鹼式乳劑，其乳化劑，使用洗濯用鹼、矽酸鈉、澱粉及木炭粉，其化合成分，與威斯忒拉蒙氏之乳劑大異，乳劑之分離頗速，良適於路面撒布用。

第五節 瀝青材之試驗

下述試驗，乃一般對於瀝青材使用者，由(1)至(8)之八項，可使用於煤油及柏油之外，餘俱使用於瀝青。此處只述其試驗目的。

(1) 氣泡試驗(Foam Test) 此項試驗，使用於瀝青與柏油，以決定其所含水分。水對於瀝青材有頗大之影響，如含水過多，則當熱瀝青材在水之沸騰點以上時，發生氣泡，使材料難於處分。

(2) 比重(Specific Gravity) 此項試驗，以鑒別材料之良否，及決定材料之是否適於道路工事，頗有價值。天然瀝青之比重，約 1.04~1.40，瀝青水泥之比重，約 0.96~1.06。天然煤油之比重，約 0.73~0.98，石腊煤油爲最輕，瀝青質煤油爲最重。粗製柏油(Crude Tar)之比重爲 1.00~1.22，水氣柏油爲

1.00~1.10, 煤柏油爲 1.10~1.22。柏油之比重, 依所含遊離炭素之量而不同, 所含遊離炭素愈多, 則比重亦愈大。精製柏油之比重, 比粗製柏油爲大, 因其水分及炭氫化物已被除去故也。

(3) 引火點 (Flash point) 引火點, 可依開口杯 (Open-cup) 或閉口杯 (Closed-cup) 之方法決定之, 一般常用後者。此種試驗, 乃區別粗製重油與精製油之敏捷而有價值之方法。天然石臘質煤油之引火點, 常比天然瀝青質石油爲低。

(4) 稠度 (Consistency) 檢查瀝青材之稠度, 乃爲重要之事項, 因藉此可以決定材料之適於特別用途與否之程度, 保障材料之均一度 (Uniformity) 故也。

普通決定材料之稠度, 有三種方法及三種器具 (a) 英格拉 (Engler) 粘度計, (b) 紐約試驗室浮動器 (New York Testing Laboratory float apparatus), (c) 針入度試驗器 (Penetrometer)。

(a) 粘度 (Viscosity) 使用粘度計 (Viscosimeter) 決定材料之粘度, 即材料之一定容量流經標準孔所要之時間。此種試驗, 一般使用於液體瀝青材。

(b) 浮動器 (Float apparatus) 使用浮動器決定材料之一定容量流經一孔所要之時間, 常用於固體或半固體柏油或土瀝青。

(c) 針入度 (Penetration) 使用針入度試驗器決定一定時間中鋼針插入於材料中之距離。對於針之大小, 針上之載重, 及材料之溫度, 自須有一定之標準。針入度或以十分之幾公厘, 或以度表示之。此器一般使用於瀝青而不使用於柏

油。

(5) 溶解點 (Melting Point) 溶解點之決定，於材料鑑定上頗有價值，實質上即稠度試驗。一般瀝青材之溶解點愈高，則其材料愈硬且脆。特別適於道路用之瀝青材，其性質中之一，為具有溶解點高而不脆者。石腊之溶解點雖高，但其性脆。

(6) 蒸發減 (Loss by Evaporation) 此試驗乃決定標準狀態下之蒸發量。其蒸發殘餘物，通常更須試驗其針入度，溶解點及延性 (Ductility)。此等試驗之蒸發前後之結果之比較，可決定瀝青水泥安定度表示之硬度量。

(7) 蒸溜 (Distillation) 蒸溜試驗之溫度，較蒸發試驗之溫度頗低，僅適用於柏油。其殘餘物之溶解點及數種溫度下之稠度，亦須檢查。此種試驗，於柏油頗屬重要，蓋所以決定其道路築造性及其調製之方法者也。

(8) 二硫化物中之可溶瀝青 (Bitumen Soluble in Disulphide) 通常假定溶解於二硫化炭中之物質，全係瀝青。液體煤油，殆全體溶解於二硫化炭中。其不溶物質之量及其性質，乃此試驗中之最應注意者。此不溶物質，通常為道路工事中無價值之遊離炭素。

(9) 石腦油中之可溶瀝青 (Bitumen Soluble in Naphtha) 此種試驗，於決定煤油或煤油生成物中之成形炭氫化合物之分量上，頗屬重要。除防塵應用外，可溶於石腦油中之量，在 4% 以下之煤油，皆不適於道路工事之用。不溶於石腦油之瀝青材，通常稱為石腦油不溶瀝青 (Asphaltenes)，其可溶於石腦油者，

稱為石腦油可溶瀝青 (Malthenes)。

(10) 四氯化物中之可溶瀝青 (Bitumen Soluble in Tetrachloride) 此種試驗,乃鑑定或決定材料於製作時,是否受過量熱度。瀝青不溶於四氯化物而溶於二硫化炭者,普通稱為四氯化物不溶瀝青(Carbenes)。

(11) 固定炭素 (Fixed Carbon) 固定炭素之量,指示石腦油中不溶瀝青多數相同之結果。固定炭素之存在,乃道路油機械上之安定度之一種表示。石腦質煤油,有僅少之固定炭素,瀝青質煤油之含量則較多,瀝青之含量最多。

(12) 延性 (Ductility) 以材料製成一定形之試驗體,而觀察其破壞前之延伸量。乃為決定瀝青之膠着度之唯一試驗法,頗屬重要。

(13) 石臘尺度 (Paraffine Scale) 此試驗乃決定石臘之存在量,為一種鑑別方法而被用,非真確重要之試驗。

第六節 溶劑

溶劑(Flux),乃一種重油或由煤油蒸溜而生之殘餘物,混於精製瀝青,使有適當稠度而適用於道路者。溶劑常由石臘、半瀝青質或瀝青質煤油而得,依其原料之不同而性質大異。其比重愈低,則於所要稠度之瀝青水泥所需之溶劑量愈少。不同質之瀝青,所需溶劑之量亦各異。今舉一例以明之,如北爾慕他瀝青,僅需溶劑 7%,而特立尼達瀝青,則需 20%。

瀝青水泥 (Asphalt Cement): 瀝青水泥,乃混適量之溶

劑於精製瀝青而製成者。混合前，瀝青須熱至 $163^{\circ} \sim 177^{\circ} \text{C}$ ($325^{\circ} \sim 350^{\circ} \text{F}$)，溶劑須熱至 $66^{\circ} \sim 94^{\circ} \text{C}$ ($150 \sim 200^{\circ} \text{F}$)，通管於熔融瀝青槽底，依吹氣 (Blowing Air) 或蒸氣而混合之，而以使用蒸氣為最佳。混合工作須十分完善，通常須費三小時以上。加熱時宜充分注意，使水泥不被燒損，尤其以火加熱時為然。若加熱過久或攪拌不勻，其水泥即將硬結，此時可加更多之溶劑而混合之，使將水泥再行軟化。

第七節 瀝青規格

(1) 水結馬克達瀝青撒布面使用瀝青之規格 下述乃巴柏(Barber)瀝青公司對於液體冷用及熱用瀝青所定之規格。

a. 液體瀝青 A (冷用)

1. 比重： 華氏 60 度時，0.91 以上。
2. 引火點： 使用他革里比(Tagliabue)開口杯， 100°F 以上。
3. 粘度： 使用英格拉器在 77°F 時，最初之 50 c.c. 之比粘度 (Specific Viscosity)，在 90~100 之間。
4. 二硫化炭可溶瀝青： 99% 以上。
5. 石腊尺度： 使用和爾德(Holde)法，在 0.25% 以下。
6. 蒸溜： 開口皿中，在 150°F ，加熱蒸發至 80% 時，其殘餘物，在 77°F ，用第二號針，50 格蘭姆載重之下，一秒間，須有針入度 20 m.m. 以上。且其粘着性，以奧

茲本 (Osborne) 試驗法檢查之, 至少 200 秒。

b. 液體瀝青 B (熱用)

1. 比重: 華氏 60 度時, 1.00 以上。
2. 引火點: 使用克利夫蘭 (Cleveland) 杯, 232° F 以上。
3. 粘度: 使用英格拉器, 在 212° F 時, 最初之 50 c. c. 之比粘度, 須在 23~33 之間。
4. 二硫化炭素可溶瀝青: 99% 以上。
5. 石腊尺度: 使用和爾德法, 0.25% 以下。
6. 蒸溜: 50 格蘭姆之試料, 在 325° F, 五小時以上, 加熱於徑 $2\frac{1}{4}$ " 深 $1\frac{1}{2}$ " 之杯中, 其減量不得多於 1.0%。
7. 蒸發後之殘餘物: 在 77° F, 使用第二號針, 100 格蘭姆載重之下, 5 秒間, 有針入度 5.0 mm. 之殘餘物, 在 500° F 加熱於開口皿中時, 其減量不少於 75.0%。
8. 粘着性: 在 77° F, 使用奧茲本試驗法, 其粘着性不少於 400 秒。

(2) 瀝青馬克達使用瀝青結合材之規格 美國都市改良協會, 對於四種瀝青所定之規格如次:

第 55 表

參考 註文	條 項	瀝 青 水 泥 之 種 類			
		紀爾孫里 (Gilsomite) 瀝青煤油	得克薩斯及 加利福尼亞 煤油瀝青	墨西哥 煤油瀝青	北爾瑟他 瀝青
1	不起泡於.....	177° C	177° C	177° C	177° C

2	引火點不少於.....	205° C	205° C	205° C	163° C
3	25° C 時之比重.....	0.96~1.00	1.00~1.03	1.025~1.045	1.035~1.050
4	針入度——				
	100gr. 5 sec. 25°C.....	100~120	90~110	110~130	130~160
	100gr. 60sec. 40°C.....	>50	>15	>30	>50
5	引火點依立方體法.....	>60° C	>30° C	>40° C	
	粘度依紐約浮動器.....	120~180 sec.
6	五小時後之蒸發減.....	<2.0%	<2.0%	<2.0%	<3.0%
7	二硫化物可溶瀝青.....	99.5%	99.5%	99.5%	94~98%
8	石腦油可溶瀝青.....	75~85%	75~85%	70~80%	75~85%
9	四鹽化物可溶瀝青.....	99.5%	99.5%	99.5%	98.5%
10	固定炭素.....	6~12%	9~13%	12~17%	11~14%

(3) 瀝青混凝土使用瀝青結合材之規格 美國都市改良

協會對於五種瀝青所定之規格如次。

第 56 表

參考 號數	條 項	瀝 青 種 類				
		紀得孫里	得克薩斯	加利福尼	墨西哥	北爾慕他
		瀝青石油	石油瀝青	石油瀝青	石油瀝青	石油瀝青
1	不起泡於.....	177° C	177° C	177° C	177° C	177° C
2	引火點不少於.....	205° C	205° C	205° C	205° C	165° C
3	25° C 時之比重.....	0.97~1.00	1.00~1.03	1.03~1.04	1.025~1.05	1.04~1.06
4	針入度— 100gr.....	75~90	90~100	70~90	85~95	14~160
	200gr.....	>35	>30	>10	>20	>40
5	溶解點立方體法.....	>55° C	>50° C	>45° C	>50° C	
	粘度紐約浮動器.....					120~180 sec.

6	蒸發減(五小時後)...	<1.0%	<1.0%	<2.0%	<2.0%	<3.0%
7	二硫化物可溶瀝青...	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	93~98%
8	四氯化物可溶瀝青...	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	93.5%
9	石腦油可溶瀝青.....	70~80%	72~75%	80~83%	67~77%	75~85%
10	固定炭素.....	8~12%	11~15%	10~14%	12~15%	11~15%

(4) 塊鋪裝使用瀝青填充材之規格 使用於木塊鋪路、磚鋪路、小石塊鋪路等之瀝青填充材，須不因溫度變化而受影響，故製作之際，須依此項目的，特別製成之，即一方面精製瀝青，一方面依酸化作用而硬化之。一般之規格如次。

1. 等質
2. 溶解點 130° F~145° F
3. 四氯化炭可溶瀝青 98.5% 以上。
4. 77° F 時之針入度 60~100
100° F 時之針入度，不超過 77° F 時之五倍。
5. 77° F 時之延性， 40 cm. 以上，延伸率 5 cm/min.
6. 325° F，五小時之蒸發減量 3% 以下，其殘餘物之針入度，須在通常針入度試驗之半以上。
7. 瀝青填充材，須在 275° F (135° C) 以上之溫度使用之，但不得加熱過 350° F (177° C)。

第八節 柏油規格

關於柏油，無確定之標準規格，依其性質，產源及定規格者之意見而各別，但其用量頗多，老練之道路技師及化學家，乃

有規定其規格者。茲將經幾許有名技術家所規定者示之如下。

(1) 瀝青材撒布面之柏油規格 下記二種規格，乃採用於水結馬克達或水結礫石路上撒布用者。初次使用，以熱用柏油為佳，第二次以下之使用，以冷用柏油為佳。

(a) 熱用柏油

1. 等質不含水分。
2. 25° C 時之比重， 1.18~1.25
3. 32° C 時之浮動試驗 (Float Test) 90~150 sec.
4. 至 180° C 時之全蒸發量(重量計) 1.0% 以下。
至 300° C 時之全蒸發量(重量計) 25.0% 以下。
5. 全蒸發液之比重，25° C 時， 1.03 以下。
6. 殘餘物之溶解點， 75° C 以下。
7. 二硫化物可溶瀝青， 78~88%
8. 無機物(灰燼) 0.5% 以下。

(b) 冷用柏油

1. 等質不含水分。
2. 25° C 時之比重， 1.12~1.20
3. 40° C 時之比粘度， 4~12，
4. 全蒸發量(重量計)
至 170° C, 5.0% 以下。
至 300° C, 35.0% 以下。
5. 25° C 時之全蒸發液之比重， 1.01 以下。
6. 殘餘物之溶解點， 65° C 以下。

7. 二硫化物可溶瀝青, 88~96 %
 8. 無機物(灰燼), 0.5% 以下。

(2) 瀝青馬克達使用柏油之規格 美國都市改良協會所採用者如次表。

第 57 表

參考 號數	條 項	柏 油 種 類	
		水 氣 柏 油	炭 柏 油
1	不起泡於.....	121° C	121° C
2	25° C 時之比重.....	1.15~1.20	1.18~1.30
3	粘度, 依紐約浮動器.....	1.20~1.50 sec.	1.50~1.80 sec.
4	二硫化物可溶瀝青, 不少於.....	95%	80~95%
5	蒸餾至170° C, 其減量不多於.....	0.5%	0.5%
	,, 270° C ,,	12%	10%
	,, 300° C ,,	25%	20%
6	全蒸發液之比重.....	0.93~1.020	1.020
7	殘餘物之溶解點, 不高於.....	75° C	75° C

(3) 瀝青類混凝土使用柏油之規格 美國都市改良協會所採用者如次表。

第 58 表

參考 號數	條 項	柏 油 種 類	
		水 氣 柏 油	炭 柏 油
1	不起泡於.....	150° C	150° C
2	25° C 時之比重.....	1.16~1.20	1.20~1.30

3	粘度，依紐約浮動器……	1.40~1.70 ccc.	1.40~1.70 ccc.
4	二硫化炭可溶瀝青，不少於……	95%	75~90%
5	蒸溜至170° C，其減量不多於……	0.0	0.0
	，， 270° C ，，	7.0%	10.0%
	，， 300° C ，，	20%	20%
6	全蒸發液之比重……	1.00~1.020	1.030
7	殘餘物之溶解點，不高於……	75° C	75° C

第九節 瀝青乳劑之規格

瀝青乳劑，須適合於次記之規格。

1. 質均一。
2. 比粘度(依英格拉氏法，攝氏25度)， 2~8。

攝氏4度之比粘度，須在攝氏25度之實測比粘度之2.5倍以下，但同一種之實測比粘度之差，須在4以下。

3. 低溫度之安定試驗

容試驗材100格蘭姆於直徑7 cm. 高5 cm. 之罐中而蓋之，在攝氏零度4小時冷卻後，在攝氏25度，24小時靜置之，二回返覆施行此項操作，試驗材之乳狀，須無變化。但在極寒地方，其冷卻溫度，須在零度以下適當規定之。

4. 凝着試驗

以直徑1.0 cm之碎石(比重2.6至2.7之質密石灰岩)100格蘭姆，在攝氏105度加熱乾燥之使達於恆量，然後更冷卻之，5分鐘間浸於攝氏25度之瀝乳試料中，倒出之擴布於10眼篩

上, 3分鐘間使過剩之瀝乳滴下後, 算定其凝着於碎石之瀝青分(由凝着於碎石上之瀝青乳劑重量減去水分重量), 10分鐘間靜置之於攝氏 25 度之空氣中, 然後容之於內徑 8 cm 至 9 cm 之遠心分離機(每分鐘之迴轉回數 4500 次以上), 徐徐注入攝氏 25 度之水 0.5 公升, 迴轉洗滌之, 次更乾燥之使達於恆量時, 其凝着於碎石之瀝青分, 對於乳劑滴下直後之凝着瀝青分之百分比, 須在 50% 以上。

5. 蒸發殘滓

用試驗材在攝氏 100 度加熱之, 蒸發其水分及其他之蒸發物後, 所生之殘滓, 用重量計, 須在 48% 以上。但同一種之殘滓之差, 須在 6% 以下。

6. 殘滓瀝青之規格

上項所記之蒸發殘滓, 須合於次記之規格。

- a. 針入度(攝氏 25 度, 100 格蘭姆, 5 秒間) 70 以上。
- b. 伸張度(攝氏 25 度), 100 cm. 以上。
- c. 二硫化炭可溶成分(重量百分比), 97% 以上。

第二十章 瀝青材撒布路面

第一節 總說

快速度車輛未發明以前，礫石路碎石路等已充分適於交通之用，及汽車發明後，因其速度大，駛行於礫石路等之路面上，塵土飛揚，大有害於衛生，且其路面粗糙，摩擦抵抗較大，汽車不能充分發揮其能率，故於礫石路碎石路等之路面上，更撒布瀝青材以謀路面之平滑及防塵。

瀝青材撒布路面，比於礫石碎石路面，富於彈力，交通舒適，且路面之磨耗少而富於防水性，故其耐久力較大而保養費亦較廉。

瀝青材，普通用軟質瀝青、煤柏油及瀝青乳劑等，對於瀝青乳劑而稱普通之瀝青及柏油為加熱用瀝青材。現今因瀝青乳劑較加熱用瀝青材，便於路面撒布用，故幾有完全廢止加熱用瀝青材而專用瀝青乳劑之傾向。

第二節 瀝青材撒布路面用骨材

骨材 (Aggregates) 用碎石屑、粗砂或細礫石，以石質堅韌，組織緻密而富於棱角且清潔者為宜，其比重須在 2.5 以上，磨損百分率在 5% 以下。其大度在次記之四種中，依周圍之情況適宜選擇之。

1. 10 公厘級碎石或細礫石

13 公厘方形眼篩通過	10 公厘方形眼篩殘留	10%以下
10 公厘方形眼篩通過	10 號篩殘留	80%以上
10 號篩通過		10%以下
2. 13 公厘級碎石		
20 公厘方形眼篩通過	13 公厘方形眼篩殘留	10%以下
13 公厘方形眼篩通過	3 公厘方形眼篩殘留	80%以上
3 公厘方形眼篩通過		10%以下
3. 20 公厘碎石		
30 公厘方形眼篩通過	20 公厘方形眼篩殘留	10%以下
20 公厘方形眼篩通過	10 公厘方形眼篩殘留	80%以上
10 公厘方形眼篩通過		10%以下
4. 粗砂		
9 公厘方形眼篩通過	6 公厘方形眼篩殘留	20%以下
6 公厘方形眼篩通過	20 號篩殘留	70%以上
20 號篩通過		10%以下

第三節 加熱瀝青材撒布作業

先將欲撒布加熱瀝青材之礫石或碎石路面，稍撒多量之水，即刻以手帚或毛刷之類，摩擦清潔之，但此時用力不得過大，致使路面之礫石或碎石因之鬆緩，注意除去其堆集之塵土後，再撒適量之水，使足以洗去路面之細微土質，但於大雨後而為瀝青材之撒布時，得酌量情形而省掃水清掃工作之一部或全部，俟路面乾燥後，乃從事瀝青材之撒布。

瀝青材須合於第十九章之規格，應於氣溫，在次記範圍內燒熱之，使有適當溫度後，乃撒布於路面。

軟質瀝青 攝氏 130~170 度

煤柏油 攝氏 80~120 度

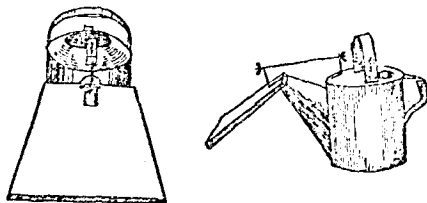
當燒融瀝青材之際，須徐徐加高其火力，時時攪拌之並檢驗其溫度，使無過熱及材料之燒損。若燒之過度，則撒布於路面後，失之過於脆性，有剝奪之虞，若溫度不足，則失之過於軟性，在夏天有融化之弊，不可不注意者也。我國各地現時狀況，在熔融瀝青材之際，每不注意攪拌及檢溫之工作，不時攪拌，則近火部雖已燒損而他部溫度尚不足，故其所得結果，幾無一良好者，誠憾事矣。

加熱用瀝青材之撒布量，路面每平方公尺 2 公升至 3 公升之比例，以手撒器或撒布機均勻撒布之，自道路之中央部起，平行於路心線而漸及於兩側。撒布後即刻以毛刷之類，迅速塗抹之使均勻擴布於路面，以防止其流入於側溝。

瀝青材撒布後，即刻於其面均勻撒布前記之乾燥骨材而碾壓之，其用量每平方公尺 0.009 至 0.013 立方公尺之比例。

瀝青材手撒器

圖 83



骨材撒布後，如有不平之處，以帚之類輕掃之使其均勻。瀝青材撒布直後如遇雨時，可酌量路面之情形，或掘去其已撒布面而從新再如前述行瀝青材之撒布。待撒布之瀝青材凝着後，開放交通。

第四節 瀝青乳劑撒布作業

瀝青乳劑路面之撒布作業及其用量，完全與前節同，惟乳劑係冷用，須在撒布直前開罐充分攪拌混合之後使用之，如開罐當日不能全罐使盡時，須完全密封保存之，以待次日之用。

乳劑撒布路面，分一層式二層式之二種。

1. 一層式

乳劑用量每平方公尺 2 至 3 公升，骨材用量每平方公尺 0.008 至 0.012 立方公尺。

2. 二層式

第一次乳劑用量每平方公尺 2 至 3 公升，骨材用量 0.009 至 0.013 立方公尺，第二次乳劑用量每平方公尺 1 至 2 公升，骨材用量每平方公尺 0.004 至 0.005 立方公尺。第二次之乳劑撒布，須待第一次撒布之乳劑凝着後施行之。第二次撒布用骨材，宜使用比第一次用骨材稍細者。在縱斷坡度 4 % 以上之坡地，宜用 13 公厘級或 20 公厘級之骨材。

第五節 保養

交通開始後數星期內，須避免路面撒水，特別勁行路面之巡視。如瀝青材處理後，雖經過數日，尚有過剩之骨材浮遊於路面

時，須掃去之使路面清潔。若有輪窪或局部之磨損發生時，先除去內面之塵土，以水洗滌之，待其乾燥後，於其內面塗抹瀝青材，然後以填充用骨材與瀝青材之混合物填平搗固之，其上面更撒布碎石屑或粗砂而搗固之，使與周圍之接觸面無高低之差。

酷暑之際，瀝青分滲出於路面時，即刻撒布少量之粗砂或碎石屑，使無礙於交通。路面之瀝青分全部磨損時，則於路面如前節所述，更行一層式之瀝青材撒布處理。

第六節 瀝青乳劑與加熱用瀝青材之得失比較

瀝青乳劑比加熱用瀝青材有如次述之利點，故最近於瀝青材撒布路面，幾有完全廢止加熱瀝青材而專用瀝青乳劑之傾向。茲述兩者之得失比較如下。

1. 使用瀝青乳劑之工事費較使用加熱瀝青材為廉。
2. 加熱用瀝青材撒布路面比較脆性，易於破損，反之瀝青乳劑撒布路面，修理較簡單，作業較容易。
3. 乳劑之撒布，即較天寒之氣候，亦得施工。
4. 乳劑撒布時，既無熔融加熱之必要，不發生臭氣，故適於市街地之鋪裝。
5. 乳劑施工簡單，無使用機械力之必要，又施工後短時間即可開放交通，加熱用瀝青材則不然。

第二十一章 瀝青類馬克達路

第一節 總說

瀝青類馬克達 (Bituminous Macadam)，乃由二層以上之碎石層及瀝青水泥結合所成之磨耗層 (Wearing Coat) 而成。其法依浸入瀝青材於路之表層而使與碎石相結合，故昔稱之為浸入馬克達 (Penetration Macadam)。

瀝青類馬克達所用結合材為瀝青或柏油，故專門用語，以瀝青馬克達 (Asphalt Macadam) 或柏油馬克達 (Tar Macadam) 名之，則更明確。其築造法依所用碎石之性質及大小，稍有不同，然其特質，則皆浸入瀝青材於碎石面，使其適足充分保護其路面。此法初採用於英國，因其築造費低廉，且完工迅速，現今則廣用於世界各國，尤適於鄉間道路及住宅區域道路之築造。

第二節 基礎

瀝青類馬克達路之基礎，每用舊有之碎石路或礫石路，而常用前者。有時或依馬克達路或礫石路章所述之方法，新築馬克達路或礫石路以為基礎者。又偶然有用人造水泥混凝土基礎者。

若基礎係用舊有之馬克達路時，須先以機梭帚 (Machine Broom) 掃清其路面，機梭帚不能除去之固結細物質，須用手搔之使鬆，然後以手帚清掃之，使基礎面之細石完全露出，則置磨

耗層於其上時，方有良好之結合。如路面有輪窪及破壞處所時，則須修復之。

若新造馬克達路為基礎，其包含磨耗層之全厚度，可使其較水結馬克達路為薄，蓋瀝青材面所受交通之影響較小而其磨耗亦較少故也。普通採用基礎馬克達層之完成厚度為 10.0 至 15.0 cm (4"~6")。此基礎層須依馬克達路章所述輾壓緊實，使無空隙以吸收瀝青結合材，此乃重要之事項，宜注意者也。

第三節 磨耗層

磨耗層，乃敷設大度約 3.2 至 5.7 m ($1\frac{1}{4}'' \sim 2\frac{1}{4}''$) 之碎石於清潔之馬克達基礎面，然後施以瀝青或柏油結合而成者也。瀝青材撒布後，即刻撒布大度 0.64 至 1.60 cm ($\frac{1}{4}'' \sim \frac{5}{8}''$) 之石屑而輾壓之。若碎石質軟，則所用石屑，可較上記為大，若碎石質硬，則石屑可較上記為小。其碎石屑，一般於輾壓後，使有 5~7.5 cm (2''~3'') 之厚度。此碎石屑敷設後，乾輾壓之使碎石不能有移動之程度。若係敷設於新築馬克達基礎之上時，則磨耗層之碎石，須基礎馬克達之表層尚未乾且軟之祭，敷設輾壓之，其輾壓程度，使基礎表面之軟泥，不致半以上上升於磨耗層碎石之空隙中。若輾壓過度，則有礙於瀝青結合材之浸入，若輾壓不足，則需多量之結合材以填充其空隙，此則宜注意者也。若使用碎石質硬，則於輾壓一部完成之後，更撒布適量礫石以充其空隙，然後乃撒布瀝青結合材。

第四節 瀝青類結合材之使用

瀝青類結合材，或用精製柏油，或用瀝青水泥，俱須合於第十九章所記之規格。由結合能力言之，瀝青較柏油為佳。

結合材，須先加熱熔融之使成液體，然後均勻撒布於路面。瀝青材加熱時，若用普通鍋爐，須徐徐加高其溫度，時刻攪拌檢驗其溫度，使不致過熱或不足。其加熱溫度雖依所用材料而稍有不同，大體言之，瀝青水泥在 $135^{\circ}\text{C}\sim 177^{\circ}\text{C}$ ($275^{\circ}\text{F}\sim 350^{\circ}\text{F}$) 範圍內，柏油在 $93^{\circ}\text{C}\sim 121^{\circ}\text{C}$ ($200^{\circ}\text{F}\sim 250^{\circ}\text{F}$) 範圍內。

瀝青材撒布時，若於簡單工事，則盛於手撒器中而施行之。此法難得均勻之撒布，故於大工事，宜採用稍完全之撒布法，此撒布法有二種，即用重力撒布器(Gravity Distributor)及壓力撒布器(Pressure Distributor)之二者是也。於重力式，每使用撒布車，依油槽中瀝青材量之多少，其流出狀態，稍有不同，故仍難得撒布之均勻。壓力撒布器，其使用狀態良好，現今有成為標準撒布器之形勢，其所用壓力，普通為 $1.5\sim 5. \text{kg}/\text{cm}^2$ ($20\sim 75$ 井/口")。

瀝青材之撒布，普通分為二次或三次撒布之，由路心起漸及於兩側，撒布側溝附近之處時，須以毛刷之類，迅速均勻塗攢之，使不流入於側溝。每次瀝青材撒布後，即刻於其面撒布石屑而碾壓之。其瀝青材第一次撒布量約為 $4.5\sim 6.8 \text{ litre}/\text{m}^2$ ($1.0\sim 1.5$ gallon/sq. yard)，使約有 2.5 cm 之浸入，且表面露出之碎石，完全為瀝青材所被覆。第二次撒布量約為 $3.3 \text{ litre}/\text{m}^2$ ($\frac{3}{4}$ gallon/sq. yard)；第三次撒布量約為 $2.2 \text{ litre}/\text{m}^2$ ($\frac{1}{2}$ gallon/sq. yard)。表層所用石屑之大度，以 0.64 cm

$\left(\frac{1''}{4}\right)$ 以下為適當。

第五節 特徵

由經驗而得之結果如次。

1. 於可能範圍內，築造安定堅實之基礎。
2. 於瀝青材之表層，務必使用堅硬碎石及石屑。
3. 瀝青材之撒布，務必使其均一。
4. 不宜過多使用瀝青結合材，若使用過多，則瀝青材面有移動而生波狀及贅瘤之傾向。
5. 路面須使其有緻密之組織。
6. 瀝青材宜於高溫時撒布之，故以夏季施行撒布為最宜。
7. 使用柏油於普通交通量之道路，則於第二年終或第三年內，路面柏油已失其粘着性，故非施行新柏油之塗抹不可。使用瀝青時，則於第四年內，亦須施行同樣之工作。
8. 瀝青類馬克達路，只宜於中和交通量之處，二噸以上車輛通行之處，則不適宜。

第六節 保養

瀝青類馬克達路，因輾壓不足而成為破壞之原因者多。此外如碎石大度之不適當，油之撒布之不均一，油之撒布量過多或不足，俱成爲破壞之原因。若有破壞處，宜即刻較其破壞處稍大範圍內切取之，於其切孔內面塗以瀝青類水泥後，乃以碎石與瀝青類水泥之混合物，填滿其孔而輾壓或搗固之。若路面磨耗頗多，則非新撒布薄層瀝青材不可。

第二十二章 瀝青類混凝土路

第一節 總說

瀝青類混凝土路 (Bituminous Concrete Road), 乃由一層以上之碎石基礎層及瀝青材與碎石結合所成之磨耗層而成。磨耗層之碎石與瀝青材, 於敷設前加熱混合之, 故昔稱之為混合馬克達路。其結合材或用瀝青, 或用柏油, 故專門用語, 以瀝青混凝土或柏油混凝土名之, 則更明確。

瀝青類馬克達與瀝青類混凝土路二者, 其式樣大體相同, 但瀝青類馬克達之磨耗層, 於碎石敷設後, 乃行瀝青材之撒布而使之浸入, 瀝青類混凝土路, 則先混合瀝青材與碎石, 然後鋪設之, 此則二者不同之處也。

瀝青類混凝土路, 英國最初採用之, 於 1840 年, 最初於諾定昂 (Nottingham) 先行試鋪, 其結果良好, 於 19 世紀之終, 廣被採用。美國於 1860 年, 初採用於諾格司維里 (Knoxville), 經窩稜 (Fred J. Warren) 氏之種種試驗, 於最近乃適用於美國。

第二節 骨材

石材最初由細混凝土保護, 但此項細混凝土, 漸次因交通而失去, 故石材露出於表面, 此時若石材軟弱, 則因交通之磨損, 於路面即發生多數小穴, 故碎石非強硬而富於韌性者不可。碎石有

吸水性，易於破壞，無稜角者，則其結合狀態不良。故一般規定，石質，須具強韌無吸水性而富於稜角者為宜。

砂亦與石同樣，受交通之磨耗作用，故非堅硬而有強韌性者不可，以清潔之石英砂為最良。含粘土及其他不純物者，易於破壞，不得使用之。

欲得最良之結果，則非注意骨材之大小配合不可。骨材之大小配合，一般用篩區別之。據經驗所得結果，一切骨材須完全通過 $1\frac{1}{4}$ " 眼篩。其殘留於 1" 眼篩者，不得多於 10%，少於 1.0%。通過 $\frac{1}{4}$ " 眼篩者，不得多於 10%，少於 3%。

填充材 (Filler or Dust)，乃通過 200 眼篩之骨材之專名，係用極細之石粉，或有用人造水泥者。其目的乃用以填充極小之空隙，而增加全體之安定度。

第三節 瀝青類混凝土路之方式

瀝青類混凝土路，依其配合之不同，可分為二種。即比圖里惹克 (Bitulithic) 式及托皮卡 (Topeka) 式是也。

1. 比圖里惹克式

波士頓之窩稜 (Warren) 兄弟公司之專利者也。其配合如次表。

第 59 表

	第一號	第二號
純瀝青量 (依重量計)	7.6%	7.02%
骨材通過 200 眼篩者	4.9	4.53
" 100 "	4.6	3.99
" 80 "	3.2	2.76
" 50 "	7.3	7.88
" 40 "	3.1	1.27
" 30 "	2.4	2.39
" 20 "	2.2	2.13
" 10 "	5.1	3.77
" $\frac{1''}{4}$ "	9.1	4.85
" $\frac{1''}{2}$ "	19.3	12.75
" $1\frac{1''}{2}$ "	31.2	46.61
總 計	100%	100%

2. 托皮卡式

有如此圖里惹克式之性質，但其骨材之大部，為砂及 $\frac{1''}{2}$ 石以下者，有 21% 之空隙，不侵害比圖里惹克式之專利。其配合如次表。

第 60 表

純 瀝 青 量	7 ~ 11%
骨材通過 100 眼篩者	5 ~ 11
” 41 ”	18 ~ 30
” 10 ”	25 ~ 55
” 4 ”	8 ~ 23
” 2 ”	10以下

此外尚有種種之專利，茲更將美國都市改良協會所推獎者記之如次表。

第 61 表

純 瀝 青 量	7 ~ 9 %
骨材通過 200 眼篩者	7 ~ 10
” 80 ”	10 ~ 20
” 40 ”	10 ~ 25
” 20 ”	10 ~ 25
” 8 ”	10 ~ 20
” 4 ”	15 ~ 20
” 2 ”	5 ~ 10

第四節 築造法

(1) 基礎 瀝青類混凝土之基礎及其施工，完全與瀝青類馬克達路相同，或用水泥混凝土，或用水結馬克達，一般常採用前者。其厚度，於混凝土基礎為 10~15 cm，於馬克達為

15~20 cm.。水泥混凝土基礎之築造法，於混凝土路章詳述之，茲不贅述。

(2) 磨耗層 磨耗層之厚度，於輕交通量之處為 5~7.5 cm，重交通量之處，則須 7.5 cm 以上。一般基礎與磨耗層之間，不如次章所述之片瀝青路之須設聯結層 (Binder Course)，而即刻鋪設磨耗層於基礎之上。其結合材，或用柏油，或用瀝青，俱須合於第十九章之規格。

(3) 混合 有冷混與熱混之二種，茲分別述之如下。

a. 冷混

此法僅用於柏油之一種特別配合，每用人工混合之。因須多大之注意，一般不甚採用之。若採用此法時，其碎石須完全乾燥，天氣亦不得過寒。僅適於輕交通量汽車不通行之處。

b. 熱混

瀝青材及骨材，各別加相當之熱度後，乃以機械混合器混合之。市場上因此目的而製成之混合機有種種，有由內部以火加熱者，有由外部以火或蒸氣加熱者。但於混合箱中以火加熱者，除小工事及修繕工事外，不被採用，因其有燒壞瀝青材之危險故也。瀝青類之鋪路，一般其失敗之最大原因，多由瀝青材之燒壞而生，不可不加以注意者也。

瀝青類水泥，若係瀝青，其加熱溫度，大概為 $135^{\circ}\text{C}\sim 177^{\circ}\text{C}$ ($275^{\circ}\text{F}\sim 350^{\circ}\text{F}$)，若係柏油，大概為 $93^{\circ}\text{C}\sim 135^{\circ}\text{C}$ ($200^{\circ}\text{F}\sim 275^{\circ}\text{F}$)。石材之混於瀝青者，其加熱溫度，大概為 150°C (302°F)，混於柏油者，為 100°C (212°F)。過熱之瀝青或柏

油,俱不得使用。

鋪設時,瀝青水泥與碎石混合物之溫度,不得低於 93°C ,高於 149°C 。柏油與碎石混合物之溫度,不得低於 66°C ,高於 121°C 。

陰處之氣溫在 10°C (50°F) 以下時,不宜施行混合及鋪設之工事。

(4) 鋪設 瀝青類混凝土,若不於工事場行混合時,則由混合場以車搬運之,車上須以帆布之類蓋之以保存混合物之溫度,其到達工事場鋪設時之溫度,須如上所述。若係熱混合物,則由車卸下,以熱鏟點在置之於適當之地位,即刻擴布之於基礎面,使有均一之厚度,然後以輾壓機輾壓之,直至無輾跡再現為止。輾壓須平行於路心線,全面一樣施行之,由路側開始而漸及於中央,次更與路線成斜交之方向,全面一樣輾壓之,更與路線成直角之方向,全面行橫輾壓。如路牙之附近及人孔等路面突出物之周圍,輾壓不可能之處,則以搗固器堅實搗固之。輾壓機宜用 8~10 噸之坦德姆式。輾壓後,磨耗層須有同一之厚度。

(5) 封絨層 (Seal Coat) 前項之輾壓終了後,即刻以手撒器撒布薄層熱瀝青水泥或柏油於其面,以毛刷之類均勻擴布之,其用量每平方公尺 $2.2\sim 4.5$ 公升。瀝青類水泥撒布後 20 分鐘以內,即刻均勻撒布薄層之石屑 ($\frac{3''}{8}\sim\frac{1''}{4}$ 或 $\frac{1''}{2}\sim\frac{1''}{4}$) 於其面,用上記之輾壓法輾壓之。交通開始數日後,如有石屑浮於路面者,須掃去之。

第五節 保養

與前章第六節相同，茲不重述。

第六節 瀝青類馬克達與瀝青類混凝土路之得失比較

一般多採用瀝青類馬克達，今比較二者之優劣如下。

瀝青類馬克達之優點如次。

1. 比較價廉。
2. 無需多數之機械裝置。
3. 設置容易迅速。
4. 工金比較低廉。

劣點如次。

1. 適設置磨耗層時，基礎上層之準備，須多大之注意。
2. 結合材之分布，難得均一。
3. 實際上，每多用過分之結合材，故路面有起波狀之傾向。
4. 不適於寒冷潮濕氣候之地。

瀝青類混凝土路之優點如次。

1. 結合材之分布，易使其均一。
2. 得用適量之結合材。
3. 比較寒冷之氣候，亦得鋪設。

劣點如此。

1. 工金較高。
2. 設置較緩慢。

-
3. 需多數之機械裝置。
 4. 全工費較高。

第二十三章 片瀝青鋪路

第一節 總說

片瀝青鋪路 (Sheet Asphalt Pavement), 由次記之三層而成, 卽:

(1) 水泥混凝土之基礎層, 其厚普通爲 10~15 cm.。或有用水結馬克達以爲基礎者, 其厚度則在 20 cm. 以上。

(2) 由瀝青水泥與碎石之混合物卽瀝青混凝土而成之聯結層 (Binder Course), 設置於表層與基礎層之間, 其厚普通爲 2.5 cm.~3.8 cm.。

(3) 由瀝青水泥與砂之混合物而成之磨耗層或稱爲表層 (Surface Coat), 其厚普通爲 3.8~5.0 cm.。

1870年, 美國紐亞克 (Newark), 首創鋪設片瀝青鋪路, 其後 1873年, 紐約第四通衢 (Fifth Avenue), 鋪設一小部分, 1876年, 於華盛頓賓夕法尼亞街 (Pennsylvania Avenue), 乃行最初之大量試驗鋪設, 其結果頗良, 以後乃遍採用於美國, 鋪設面積, 年年增加, 幾有一日千里之勢。

第二節 基礎

1. 人造水泥混凝土基礎

片瀝青鋪路, 必須有堅實之基礎, 昔有用水硬水泥混凝土 (Hydraulic Cement Concrete) 者, 現今多用人造水泥混凝土築

成之。普通於重交通量之處，其厚為 15 cm.，於輕交通量之處，有築成爲 10 cm. 者。混凝土鋪設後，須充分輾壓搗固之，使堅實而無空隙。其混合水量愈多，則搗固回數愈少，但混合過濕，其強度常較弱。通常水泥混凝土基礎，以輕搗固完成之，使有粗面，謀與上層之結合良好，以防止瀝青鋪面之移動。一般對於混凝土基礎，每不注意其保養(Hygiene) 卽於混凝土面不施行帆布濕土等之被覆及洒水等之工作，以致於冬天或夏天，混凝土急速乾燥而受損傷。其硬化中保養之期間，依氣候及其上面之鋪裝種類而不同，一般在 10 至 15 日以上。

瀝青混合物之鋪設，須俟混凝土基礎完全硬化乾透後施行之。

2. 瀝青類混凝土基礎

瀝青鋪路之失敗，大多原因於基礎之不良，有謂以瀝青類混凝土基礎代替水泥混凝土，其結果更善，今比較之如下。

(1) 瀝青類混凝土，無須長時間以備保養及硬化，其結果磨耗層可於基礎完成後卽刻鋪設之。

(2) 瀝青類混凝土比水泥混凝土更柔軟如意，不易發生龜裂。

(3) 若磨耗層與基礎俱用瀝青混合物時，則全鋪裝之材料，同一準備，頗多便宜。

(4) 使用瀝青類混凝土爲基礎時，則於片瀝青鋪路，無築造聯結層之必要。但他方面，使用瀝青類混凝土基礎，則有取去瀝青磨耗層之必要時，欲不傷及基礎，爲事實上所難能。此時主張

用路面加熱機 (Surface Heater), 則於修繕磨耗層時, 可不損傷基礎。

(5) 磨耗層與人造水泥混凝土基礎之間, 缺乏摩擦抵抗, 為普通片瀝青鋪路失敗之一原因。作用於路面上車輛之衝擊力及壓力, 有一種水平分力, 此力使路面移動而發生波狀及贅瘤, 此種波狀, 難於除去。水泥混凝土基礎面之粗度輕微, 則難於抵抗橫動, 粗度過大, 則因瀝青層之厚度不一, 故發生不同之壓力及橫動, 反屬有害。

(6) 瀝青層與水泥混凝土之間, 缺乏粘着力, 成為片瀝青鋪路失敗原因之一, 因二者既乏粘着力, 故難於抵抗水之浸入。若水泥混凝土不緻密, 則地下水即依毛細管作用而上昇, 其結果有害於二者之結合力。此外因瀝青層防止下部水之蒸發, 故水泥混凝土基礎之表面常濕, 因冰結之作用, 亦有害於二者之結合。至瀝青類混凝土基礎, 較水泥混凝土更有防水作用。

(7) 瀝青類混凝土, 較水泥混凝土更富於彈性, 故可少受交通衝擊之影響, 且能防止磨耗層之橫動。

但他方面水泥混凝土基礎, 亦有優點如次。

(1) 水泥混凝土基礎較強, 故分布集中載重 (Concentrated loads) 之狀態亦較良, 且抵抗因不均一之沈下而發生龜裂之力, 亦較大。

(2) 一般築造費較瀝青混凝土低廉。

(3) 瀝青面之修繕較少困難。

第三節 聯結層

以前於水泥混凝土基礎上，直接設置瀝青磨耗層，但因二者之間，粘着不良，以致表面移動而發生波狀及贅瘤，故現今於基礎及磨耗層之間，更設置聯結層。

聯結層之厚度，於重交通之處，輾壓後約為 3.8~5 cm。 $(1\frac{1}{2}''\sim 2'')$ ，於輕交通量之處，約 2.5 cm。 $(1'')$ 已足。由碎石與瀝青水泥之混合物而成，各別加熱混合後，鋪設輾壓之。其構造分為二種，即開結合 (Open Binder) 與閉結合 (Closed Binder) 是也。

1. 開結合

碎石： 碎石須清潔而有緻密之組織與均一之大度，且富於稜角。其大小配合，以圓眼篩區別之，全體須通過 $1\frac{1}{4}''$ 眼篩。其殘留於 $1''$ 眼篩上者，不得多於 10%，少於 1%。通過 $\frac{1}{4}''$ 篩者，不得多於 10%，少於 3%。

砂： 開結合中，亦常用砂者。某通規定碎石中，不得含比某量過多之細骨材 (即砂或石屑)。聯結層中之細骨材愈多，則愈緻密，但其用量不得超過足以填充石材空隙之量。細骨材之用量愈多，所要被覆一切物質之瀝青量亦增加，聯結層之築造費，因之更大。以此之故，除碎石中所含細骨材外，常有不細骨材者。

瀝青水泥： 瀝青水泥，須合於第十九章之規格。其用量須適足以被覆石材，使有善良之結合，依石材之種類及大度而不同，大概純瀝青以重量計為 3%~5%。輾壓後，聯結層之表面，

仍多孔隙，故稱為開結合。

2. 閉結合

碎石： 其性質與開結合相同。骨材之 95%，須通過眼大為所設聯結層厚四分之三之圓眼篩，其殘餘 5% 之最小尺寸，不得超過聯結層厚。骨材須有次述之組成，即其 20~25%，須通過 $\frac{1''}{2}$ 眼篩，而殘留於 10 眼篩上，其 15~35%，須通過 10 眼篩。

砂： 閉結合與開結合主要不同之點，後者須有更大之緻密度與安定度。閉結合須含有充分之細骨材以填充粗骨材（碎石）之空隙。粗細二者之配合，務使其空隙最少，且只需填充最小量之瀝青水泥以結合之。對於細骨材之用量，尚無明白規定，下表所載，乃美國諸大都市依經驗上而實際所採用者。

瀝青水泥： 目的欲保持聯結層有最大安定度，故瀝青水泥之用量，須使其能充分被覆各骨材而充滿其空隙。若骨材中所含之細骨材愈多，則其安定度愈大，而瀝青之用量亦隨之增加。若骨材之成分配合得當，則用瀝青 3.5%，亦能得適當安定之混合物，若配合不良，則須 7%，瀝青之用量過多，反大有害，不可不注意。

下表乃美國諸大都市所採用之配合，記於此以資參考。

第 62 表 聯結層之組成

瀝青水泥		聯結層用諸材料			聯結層中之 純瀝青量
成分	%	成分	lbs	%	
墨西哥瀝青	40	瀝青水泥	122	7	
特立尼達瀝青	40	砂	433	25	
西印度溶劑	20	碎石	1190	68	
總計	100	一回分	1750	100	5.8%

瀝青材中之純瀝青量如下。墨西哥瀝青 99.6%，特立尼達瀝青 56.0%，西印度溶劑 99.6%。故瀝青水泥中所含之純瀝青量如次。

$$\begin{aligned}
 \text{墨西哥瀝青} & 40 \times 99.6 = 39.84\% \\
 \text{特立尼達瀝青} & 40 \times 56 = 22.40\% \\
 \text{西印度溶劑} & 20 \times 99.6 = 19.92\% \\
 \text{瀝青水泥中之全純瀝青} & = 82.16\% \\
 \text{聯結層中之全純瀝青} & = 82.16 \times 7 = 5.8\%
 \end{aligned}$$

第四節 磨耗層

磨耗層，乃由砂、細石粉即填充材及瀝青水泥之混合物而成。茲分別說明之如次。

1. 砂：片瀝青路中，砂為最重要之成分，至少約占磨耗層之四分之三。砂質須堅韌清潔而富於稜角，不含其他有機物及粘土泥塵等。但少量粘土，若不固着於砂粒，則有如填充材之作用而無害。若粘土固着於砂粒之面，縱少量，亦有害於砂與瀝青之密着。

砂之大小配合，乃片瀝青路構造中最要成分之一。第 63 表乃為砂之配合之理想數字。

第 63 表 片瀝青鋪路磨耗層用砂之標準配合

砂之種類	通過篩之號數	理查孫(Richardson)之配合		佛勒(Forrest)氏之配合
		重交通量處之理想配合	輕交通量處之許容配合	
石粉	200	00.0	00.0	00.0
細砂	100	17.0%		
	80	17.0%		
		總計 34%	26.0%	20~30%
中和砂	50	30.0%	30.0%	
	40	13.0%	13.0%	
		總計 43%	43.0%	不超過40%
極砂	32	10.0%		
	10	8.0%		
	10	5.0%		
		總計 23%	30.0%	20~30%
極粗砂	8	0.00	0.00	不超過10%
		總 100.100	100	100

對於重交通量處之配合，較輕交通量處為細，乃頗可注意之事項。其理由，因粗材早晚必為路面通過之重交通物所壓碎，此碎片間，既無結合材以連結之，故發生相磨作用及移動，水亦得以浸入而成為道路破壞之原因。

2. 填充材： 填充材，乃通過 200 眼篩之極微之石粉，混合於砂中以填充其空隙，而圖節省瀝青之用量，且使磨耗層更

富於防水性與較少粘性。此外因用填充材，則使用瀝青水泥可較軟，於夏天得減少內部移動，冬天減少脆性。

填充材，或用石灰石粉，或用人造水泥，因人造水泥之價昂，一般多採用前者。於重交通量之處，或難免水之浸入之處，則以用人造水泥為佳。填充材每單位體積之重量愈重，則其密度愈大，故用之最佳。因填充材之密度愈大，則磨耗層之密度亦增加而有更大之安定度。

磨耗層中採用石粉之量，依砂之配合而不同，大概 10~20%，通常採用為 10~16%。若用特立尼達瀝青，則填充材之量可較少，因特立尼達瀝青中，已天然含有約 44% 之細石故也。填充材之量過多，則混合物失之過軟，不便處分。填充材中，尚須多少含有通過 400 眼篩及 600 眼篩之極細粒，方能得良好之結果。

3. 瀝青水泥：瀝青水泥之製成及規格，已於第十九章詳述之。其用量以適能被覆各骨材之表面而填充其空隙為當。過多則易受壓力與溫度變化之影響，路面易發生波狀與贅瘤。過少則路面易生龜裂。所用骨材愈細，則瀝青之用量亦須隨之增加，方能保持其安定。其配合各國各地俱有規定，茲將美國都市改良協會及日本道路研究會所推獎者記於下以資參考。

採用通過 80 眼篩之砂之最大量，則瀝青亦採用最大量。在上列之範圍內，通過 80 眼篩之砂增加，則瀝青之量亦隨之而增加。

a. 美國都市改良協會所推獎者。

第 64 表

純瀝青(以重量計)	9.5~13.5%
骨材通過 200 號篩者	10%以上 } 共25%以上
” 80 ”	10~35% }
” 50 ”	4~35% } 共15~50%
” 40 ”	4~15% }
” 30 ”	4~20% } 共10~35%
” 20 ”	4~12% }
” 10 ”	2~8%
” 8 ”	0.5~5%

b. 日本道路研究會所推獎者。

第 65 表

純瀝青	9~12.5%
10號篩上殘留	0~5%
10號篩通過 40號篩上殘留	10~40%
40 ” 80 ”	22~45%
80 ” 200 ”	12~30%
200 ”	10~20%

第五節 純瀝青之百分比

前節所示磨耗層混合物之瀝青之百分比，乃係純瀝青。通常市場之瀝青，皆稍含有雜質，非換算為純瀝青，使符合於規定而使用之不可。今假定瀝青水泥及磨耗層有如下表所示之組成而作一純瀝青百分比之計算例如下。

瀝青材中之純瀝青量如次。

墨西哥瀝青	99.6%
特立尼達瀝青	56.0%
西印度溶劑	99.6%

第 66 表 磨耗層之組成

瀝青水泥		磨 耗 層		
成 分	%	成 分	lbs	%
墨西哥瀝青	40	瀝青水泥	285	14.2%
特立尼達瀝青	40	石灰石粉	300	15.0%
西印度溶劑	20	砂	1415	70.8%
總 計	100	總 計	2000	100.0

瀝青水泥中之純瀝青量如次。

墨西哥瀝青	$40 \times 99.6 = 39.84\%$
特立尼達瀝青	$40 \times 56.0 = 22.40\%$
西印度溶劑	$20 \times 99.6 = 19.92\%$

瀝青水泥中之純瀝青全量 $= 82.16\%$

故磨耗層中之全純瀝青量 $= 82.16 \times 14.2 = 11.7\%$

第六節 聯結層之築造

1. 混合 骨材與瀝青水泥，須分別適當加熱後，用混合機充分混合之，使有均一之組織，骨材之各分子完全為瀝青水泥所被覆。其加熱溫度，依瀝青水泥之性質而不同，一般瀝青水泥之加熱溫度在 $120 \sim 177^{\circ} \text{C}$ ($250 \sim 350^{\circ} \text{F}$) 之間，骨材在

107~177°C(225~350°F)之間。骨材若過熱，則運搬時，瀝青水泥流集於車廂底部，而成爲不均一之混合物。

2. 設置 用車運搬瀝青混合物於鋪設地點時，車上須以帆布或防水布等蓋覆之，以保存混合物之溫度。鋪設時，混合物之溫度，須在 93~163°C(200~325°F) 之間。此項溫度之限界，可依大氣溫度而調整之，使適宜於撒布。

瀝青混合物到着鋪設地點時，即刻於適當之距離，點在傾卸於清潔乾燥之基礎上，更以熱鐵鏟分別鏟置於各處，然後均勻擴布之，務必使輾壓後有均一之所定厚度。如係開結合，則擴布時，可用有長齒之耙，適當燒熱而使用之。若係閉結合時，則非用熱鏟不可，蓋若用齒耙，則將使較大之碎石留於表面，致成不均一之混合。

待擴布之瀝青混合物稍冷後，乃輾壓之。若混合物輾壓時之溫度過熱，則有粘着於輾輪之傾向，使輾壓不易，且有將此處之混合物帶往他處之可能，而使撒布之混合物成爲厚薄不一。輾壓機常用 5 至 7 噸之坦德姆式。一般用輕輾壓機多次輾壓之。其結果較用重輾壓機少次輾壓所得者爲良。

聯結層輾壓後之厚度，於輕交通量之處爲 2.5 cm，中和交通量之處爲 3.8 cm，重交通量之處爲 5 cm。

第七節 磨耗層之築造

1. 混合 砂與瀝青水泥，須適當各別加熱，然後以混合機充分混合之。砂之加熱溫度，一般在 135~205°C(275~400°F)

之間，瀝青水泥在 $121\sim 177^{\circ}\text{C}$ ($250\sim 350^{\circ}\text{F}$) 之間。

2. 設置 用車搬運瀝青混合物於施工地點時，混合物到着於施工地時之溫度，須在 $110\sim 177^{\circ}\text{C}$ ($230\sim 350^{\circ}\text{F}$) 之間。此溫度之限界，須依瀝青之種類及鋪設時大氣之溫度而調整之，使混合物適於撒布。

磨耗層之鋪設，須待聯結層之表面完全乾燥後施行之。其在冷天鋪設則有不宜，因若於冷天鋪設時，混合物接觸於冷基礎，瀝青易受寒氣而發生種種不良之結果。

瀝青混合物到着施工地點，置適當距離，適宜點在傾卸於鋪面，使易得均一之分布，此乃最要之事項，非有熟練工人以最大之注意為之者，則路面易生高低不平，成為破壞之原因。此混合物更以熱鏟適宜點在鏟置於鋪面，以熱齒耙均勻攪布之，使輾壓後有同一之規定厚度。其撒布厚度，可依路牙石上所繪之白粉線，或依齒耙之齒長以調整之。

混合物均勻攪布後，即刻輾壓之，其輾壓不可能之處如沿牙及人孔等路面突出物之周圍，則以搗固器搗固之。第 84 圖乃搗固器之二種，在左側者，直徑 8 英吋重 30 磅，在右側者，為 $2\frac{1}{2} \times 5$ 方，重約 18 磅。輾壓後，更以燒熱之磨平鐵 (Smoothing Irons) 磨平之。輾壓須於瀝青混合物攪布後即刻施行之，使輾壓完成後而瀝青混合物尚不至冷。前後二次輪寬之約二分之一，須逐次使其相重合，由兩側起而漸及於路心，先行縱輾壓，次行斜向輾壓橫輾壓以完成之。輾壓機以採用輕者為佳，普通採

用 $2\frac{1}{2}$ 噸、5 噸、8 噸之三種，最初以輕者輾壓之，次漸用其重者。若瀝青混合物有粘着於輾輪之傾向，則可於輾輪之上，稍塗重油或少量之水以防止之，此項輾壓終了後，更均勻撒布少量之石粉或人造水泥於其而上而輾壓之。

圖 84

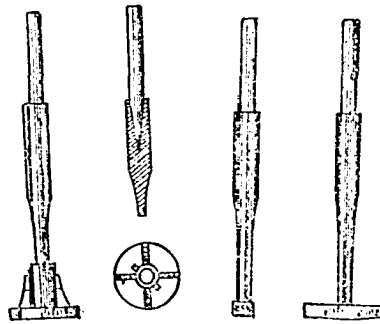
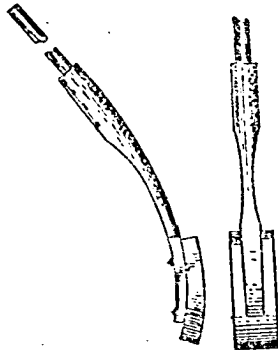


圖 85



路寬較大時，固可行縱橫之輾壓，路狹小時，則縱橫輾壓為不可能，此時可行圓弧形輾壓。輾壓須繼續施行，直至用重輾壓

機時亦無輾跡發現爲止。據經驗所得，每表面一千平方公尺，至少須輾壓六小時之久。

磨耗層輾壓後之厚度，於輕交通量之處約爲 $3.8 \text{ cm} \left(\frac{1''}{2}\right)$ ，重交通量之處爲 $5 \text{ cm}(2'')$ 。若有 5 cm 以上之厚度，則路面有生波狀之虞。

第八節 失敗之原因

片瀝青路，比他種道路，對於材料之選擇、配合、及其築造，俱須予以甚大之注意與熟練。但多數都市，每附保證年限而使包工人完全負責，市當局對於其破壞之原因及改良，有不十分加以注意之傾向，誠屬遺憾。其破壞原因，大體可分爲三種：(1)不適當材料之使用，(2)處分不當，(3)使用中之破壞是也。

(1) 不適當材料之使用： 砂及填充材，須清潔而質強韌，具適當之配合。瀝青水泥，須合於所定規格，特別對於其密度即針入度，更須加以注意。

(2) 處分不當： 所用材料，縱皆適合於規格，但處分不當，亦成爲破壞之原因。特別對於其加熱溫度及混合，須大加注意。茲分別述之如次。

a. 燒過瀝青： 不得使用燒炙過度之瀝青。瀝青過於加熱，則成爲脆性，輾壓或車輛通過時，易生龜裂，冬天於其面易發生傷痕，故加熱時，以採用蒸氣爲宜。又砂加熱過度，則於混合時，有使瀝青成爲過熱之虞。

d. 不適當之密度： 瀝青之過硬過軟，俱爲失敗之原因。過

硬則於寒天易生龜裂，過軟則因車輛之通行而易生波狀。

- c. 純瀝青量之不足：瀝青具適當密度時，則其用量愈多而愈耐久，最少於磨耗層須有 9%。以檢查重量及分析試驗之方法而調節其用量。
- b. 混合不完全：各砂粒須完全為瀝青水泥所被覆，否則各粒不能得確實之密結。
- e. 聯結層之瀝青過多：聯結層瀝青之用量過多，則浮於該層之表面為磨耗層所吸收，致成破壞之原因。
- f. 瀝青混合物之冷却：瀝青混合物由混合裝置所(Mixing Plant)運搬於施工地點時，若過度冷却，則該過度冷却混合物之鋪設處，即成為弱點。為防止其冷却起見，運搬到着施工地時，即刻鋪設之，且不延長搗固輾壓之時間。冬天及大風時，以不施行鋪設為佳。
- g. 砂與瀝青水泥之分離：運搬距離過長，或混合後經長久時間乃施行鋪設，則瀝青水泥流集於下面而與砂分離，故鋪裝面發生瀝青過富與不足之點，致成為破壞之原因。
- i. 基礎濕潤與不潔：基礎濕潤或不潔，則有害瀝青混合物與基礎之密着。
- j. 輾壓不足：輾壓不足之處，特別於沿路牙難於輾壓之處，易為雨水中之酸及氧所侵犯，而使其粘着力低下。

(3) 使用中之破壞

- a. 通常磨損：依交通物而被磨損者，其量較少。
- b. 自然破壞：瀝青依蒸發及酸化作用而失其粘着力，此外

受日光、雨水、酸、氧、凍結等之作用而生變化。但瀝青水泥堅密充滿空隙者，其抵抗此等作用之力大。一旦有破壞，則由此破損處，受上記種種之影響而擴大其破壞。

- c. 軟弱基礎： 若基礎不固，則因不均一之沈下而發生龜裂，更依交通之衝擊而破損。
- d. 多孔性基礎： 基礎若係多孔性，則地下水因毛細管作用及水壓而上升於磨耗層之下側，依凍結作用而破壞基礎與上層之密結，因之上層得以移動而破壞。此時非注意地下排水不可。
- e. 接縫漏水： 瀝青路面與側溝、人孔、車軌等之接縫處，不能防水，以致水浸入於下層，因其凍結而成為破壞之原因。不獨水能浸入該處之近傍，即相當遠距離亦蒙其害。
- f. 火用煤氣之漏出： 由路面下之煤氣管所漏出之煤氣，為鋪面所吸收而受其害者有之。
- g. 龜裂： 於冷天發生不規則之龜裂，此種龜裂於瀝青鋪設經 2~3 年後，稍失其粘着力時，最初由路沿、人孔之周圍、新舊接縫及每日工事之相接處而發生。漸漸擴布於全面。又於輕交通量之處，此種龜裂，易於發生，有相當交通量之處，反因其揉摩作用 (Kneading action) 而成為安全。
- h. 因交通而移動： 因交通而路面移動，遂致發生波狀，此乃因磨耗層面過軟，或因基礎與聯結層、或聯結層與磨耗層之間之粘着不良所致。
- i. 因遺火於路面而受損傷。

第九節 修繕

瀝青鋪路維持上所要之修繕法，大體可分為五類。

(1) 路床之沈下 溝上之基礎沈下而需修繕者。此時須掘去磨耗層聯結層及基礎，掘溝而搗固之，再修復基礎、聯結層及磨耗層。各層所用之修理材料，須與舊材料等質與同一成分。於聯結層及磨耗層之邊緣，須使新舊材料互相緊結，而以瀝青水泥被覆之，充分施行搗固。該部分不易充分固結，故修理部使之稍高於外部，以豫防受交通物之壓下。

(2) 分裂 磨耗層或至聯結層起破壞之部分，則較破壞部稍大切取其部分，洗滌之待其乾燥後，於切取孔之周圍及底部，塗以瀝青水泥，然後填以新混合物而搗固或輾壓之。若破壞部不及於磨耗層之全厚時，則以次記之剝皮修理(Skimming)之方法而修理之。

(3) 波狀及贅瘤之發現 路面發生波狀及瘤時，則因交通物之衝擊，路面易於破壞，此時可依剝皮修理法修理之。此法先以表面熔融器(Surface Heater)熔融其破壞部分，以齒耙搔取之，另加新材料輾壓之使有適當之厚度。加熱熔融時，須注意使不害及四周良好部分，如有過燒瀝青部分，亦必除去，另加新材料修理之。

(4) 龜裂 路面如生龜裂，則除去其龜裂處已疏鬆之材料，清潔其裂縫而注入加熱瀝青水泥。

(5) 路緣塗油 雨水等每由路緣浸入而成爲破壞之原因。

故於瀝青鋪路之車道與路緣間之接縫，須時以瀝青水泥塗抹之。

全體修繕之際，有掘起其舊材料，清潔後更混入新材料加熱使用者。掘起舊材料時，有加熱掘取之法，但此法有過熱之虞，不宜採用。使用舊材料，難得均一之混合物，是其缺點。

第十節 片瀝青鋪路之得失

a. 利點

- (1) 不生塵土。
- (2) 比較不發騷音。
- (3) 不吸收有害之液體，排水之狀態良好。
- (4) 磨擦抵抗小。
- (5) 人馬等之駐足妥適。
- (6) 因工事而禁止交通之時間少。
- (7) 外觀美。
- (8) 耐久且修繕亦易。

b. 缺點

- (1) 築造費較大。
- (2) 坡度較急之處，其面過滑。
- (3) 維持費大。
- (4) 濕潤之地易破壞。
- (5) 冷天易生龜裂，熱天易軟化而生波狀。

第十一節 岩瀝青鋪路

岩瀝青鋪路(Rock Asphalt Pavement),乃粉碎含有瀝青之石灰岩或砂岩,適當加熱後,鋪於人造水泥混凝土基礎上,搗固輾壓而造成之路面是也。岩瀝青多產於歐洲,故於歐洲各國多採用之。其含純瀝青之量約9~10%,及其成分中,於205°C(400°F)以下而無揮發性者為良。其含量不足者,須另加適量之瀝青而使用之。

岩瀝青粉碎後之加熱溫度,約在150~177°C(300~350°F)之間,熱後溫度,雖經數時間尚能保持,故能在相當遠距離之內搬運。其鋪設時之溫度,至少須在121°C(250°F)以上,方能得良好之結果。其鋪設法與輾壓,與片瀝青相同。

鋪設時之厚度,約較輾壓後之厚度厚40%。該鋪路於鋪設後一年間,依交通物之通過,尚有多少之收縮。

岩瀝青鋪路之性質,幾與片瀝青完全相同,不過較片瀝青路為滑,色澤較薄耳。

第十二節 瀝青塊鋪路

瀝青塊鋪路(Asphalt Block Pavement),乃以與片瀝青有同樣混合之材料,加熱後,以高壓壓成塊狀而築造之路面是也。

瀝青塊,在工場製作之。先精確計算各材料之量,加熱混合之,使能得均一混合之製作物。製塊時所加壓力,每較片瀝青路輾壓之力為大,通常為2~3噸/sq.in.,使其更緻密之組織。塊之組織,與片瀝青相同,惟其成分稍異,通常採用之成分為瀝青水泥6.5~8.0%,石灰石粉10~15%,碎石67~78%。比片瀝青

有更大之碎石，空隙之百分率比較小，故其使用瀝青量亦較少。

塊之厚度，依交通之狀態而不同，通常 7.5~10~12.5 cm. (3"~4"~5")，長 30 cm(12")，寬 12.5 cm(5")。製作時，以加熱混合物灌入於模型中，不待其冷卻而速加以壓力。塊之比重，使有 2.35~2.5 為良。

又塊之尺寸有為 20 cm × 20 cm × 5 cm (8" × 8" × 2") 厚者，有為六角形者，恆使用步道。

其鋪法，先於人造水泥混凝土基礎上，均勻鋪 2.5~5 cm. 厚之砂褥 (Sand Cushion) 或 13 cm. 厚之膠泥褥 (Mortar Cushion)，於褥上並列瀝青塊。其排列法與磚鋪路相同，於磚鋪路章內詳述之。塊排列後，於其面撒布細砂或極硬之細石屑，以帚掃入於接縫內而填充之，不另填以瀝青水泥。瀝青塊有輻延性，故得依交通而即刻成為防水性之路面。

第十三節 瀝青塊鋪路之得失

瀝青塊鋪路比片瀝青鋪路之優點如下：

1. 因有接縫及粗砂硬石屑之使用，故其路面滑度較小。
2. 易於修繕。
3. 無瀝青混合裝置之都市，亦能鋪設之。
4. 因有多數之接縫，故少發生因不規則之收縮而生之龜裂。

比片瀝青鋪路不良之點如下：

1. 因瀝青塊之厚度可在 5 cm. 以上，而片瀝青則在 5 cm. 以下，故瀝青塊鋪路之築造費更高。

-
2. 塊之邊緣易損，故路面摩擦較大。
 3. 較片瀝青路稍有騷音。
 4. 因有多數之接縫，故比較不衛生。
 5. 路面清潔上需較多之費用。
 6. 若排列時，不加充分注意，則塊有生龜裂之傾向。
 7. 較片瀝青之耐久力小，特別於重交通量之處為然。

第二十四章 混凝土及鐵筋混凝土鋪路

第一節 總說

古時曾用混凝土(Concrete)爲道路材料,於現今仍樂用之爲上等鋪道之基礎。

最初以混凝土築造表面鋪裝者,爲 1865 年在英國之蘇格蘭(Scotland), 1872 年於愛丁堡(Edinburgh) 亦曾築造之,後者至今尚存在。德國 1891 年於來比錫(Leipzig), 開始築造 250 平方公尺,其後急激發達,於 1928 年實有 130,000 平方公尺之鋪道面積。美國混凝土鋪路之發達,全世界中,最爲著名。最初築造時,因混凝土性質之研究,尚不完全,築造方法尚不熟練,其結果頗不良善,故一時曾呈衰退狀態。然美國人努力探究其失敗之原因,其後研究混凝土之成分比例,混凝土之選擇,混合法,施工法,及關於混凝土硬化時之溫度等種種關係,現今美國之混凝土鋪路,致成爲極盛時代。今將其發達狀態,表示之如第 67 表。

第 67 表

年	鋪裝面積(平方碼)	年	鋪裝面積(平方碼)	年	鋪裝面積(平方碼)
至 1909 年	691,416	1914	16,739,163	1920	39,048,635
1909	444,609	1916	18,675,955	1921	66,164,136
1910	941,669	1916	24,182,955	1922	79,035,705
1911	1,439,191	1917	21,771,179	1923	77,937,772
1912	5,381,218	1918	16,872,284	1924	92,240,485
1913	7,693,769	1919	63,459,934	計	511,491,495

美國之混凝土鋪路，散在各州，其總長，迄 1928 年已達 4,821,728 k.m. 以上。

次示世界各主要國 1928 年調查結果之混凝土鋪路之總長度如第 68 表。

第 68 表

國 名	道路總長(k.m.)	內汽車通(k.m.)	汽 車 輛 數
美 國	4,821,728	4,821,728	22,396,542
加 拿 大	678,400	—	957,103
法 國	628,400	625,000	1,408,847
澳 洲	576,000	—	503,204
德 國	348,700	948,700	707,969
印 度	337,600	95,000	103,978
英 國	287,588	287,588	1,617,732
意 大 利	169,776	133,226	233,149
日 本	177,188	—	72,269
南 非 洲	108,800	—	133,200
墨 西 哥	100,600	—	64,895

此鋪道之發達，概為歐洲大戰以後，如美國，因戰爭時需行駛重量大之軍用汽車。他種鋪道，幾全破壞，僅混凝土鋪路，其破壞度則甚小，其發達原因，實基於此。

第二節 混凝土用材料及其成分比

第一 混凝土

水泥、砂、礫石或碎石，皆謂之混凝土，固不待言，其混合水量，亦得視為混凝土之一種。

(A) 水泥 混凝土鋪路用之混凝土，必須強度大而硬化速，若如普通混凝土，混合後非經四星期難得充分之強度時，則不得不斷絕交通以待其硬化，實際上諸多不便，故於可能範圍內，宜選擇急硬性而強度大之水泥，以圖短縮其交通斷絕期間，因之常於普通水泥中，混合急硬劑，或使用特種之急硬性水泥。普通水泥之急硬劑，於混凝土混合之際，加少量之鹽化鈣(CaCl)，後節當詳述之。

特種急硬性水泥 (Quick Setting Cement)，有礬土水泥 (Almina Cement) 系與急硬人造水泥 (Quick Setting Portland Cement) 系之二系。

礬土水泥中，有如次列數種。

法國之 Ciment fondu

美國之 Lumite Cemet

德國之 Allka zement

日本之 Alumina Cement

普通水泥之礬土含量約為 6%，而急硬礬土水泥之礬土含量約為 40%。普通水泥需一個月所得之強度，若用礬土水泥時，則一日或二日即能得之，但價極昂貴，乃其缺點耳。

當此種水泥使用之際，因其凝結時，發生高溫，易生膨脹龜裂 (Expansion Cracking)，故須特別注意澀水調劑。又混合普通水泥與礬土水泥而使用時，其硬化狀態，呈瞬刻硬化之現象，因

有致工作完全不可能者。

急硬性人造水泥 (Quick Setting Portland Cement), 其組織與普通人造水泥, 並無大差, 僅於製造方法, 多少加以改良而已。例如特別使其粉末度微細而促進其水硬作用等。

此種水泥, 於其短期所生之強度, 雖不及礮土水泥, 但混合後, 經過十日, 即能得普通水泥 28 日之強度, 其價格與普通水泥亦無大差, 乃現今之良品。

今將急硬人造水泥, 普通水泥, 礮土水泥等具有同一成分 (1:2:4) 之混凝土之短期強度, 表示之如第 69 表。

第 69 表

急 硬 水 泥 抗 壓 強 度 (kg./cm ²)							
材 齡	A	B	C	D	E	F	
1 日	123	119	64	16	10	6	
2 日	104	162	97	46	26	16	
3 日	151	212	114	67	54	30	
7 日	273	196	173	137	161	89	
28 日	315	354	260	186	279	189	
13 週	314	382	—	382	311	320	

第 69 表中

A. B. : 礮土水泥

D. E. : 急硬人造水泥

F : 普通人造水泥

(B) 砂 混凝土用砂，須不含粘土、石灰及植物性者，並質地堅硬為佳。雖以空隙少並具硅酸性者為良，其由硬性岩所成之難於風化者，亦無礙。砂之大度，以粗細適當混合為宜。初見似粗，但由其密度大之點着想，則可知其空隙少。砂須使用全部通過 0.635 cm (1/4 吋) 至 0.317 cm (1/8 吋) 眼篩，且在 387 孔/cm² (2500 孔/in².) 篩上之殘滓在 90. % 以上者。同一粗細粒者，不宜使用。

(C) 礫石及碎石 混凝土用礫石或碎石，須清淨而石質堅硬，例如花崗石，石灰石，砂岩等之良好者，且富於稜角，其細長扁平者，不得使用之，粗細適當混合，使其空隙最小者為宜。例如採用一層式時，可用通過 2.54 cm (1 吋) 限篩而殘留於 0.653 cm (1/4 吋) 眼篩者。採用二層式時，下層即基礎層所用礫石稍大，可採用通過 3.81 cm (1 1/2 吋) 眼篩而殘留於 0.653 cm 眼篩上者，上層用礫石則與一層式者同。

(D) 所要水量 關於此點，當於後節詳述之。

第二 混凝土之成分比

混凝土之成分比之決定，依鋪道之為單層式或複層式及所用礫石、碎石、砂等空隙之大小而不同。其於複層式者，普通於其上層之成分比較高。美國道路局所定之上層成分比，使用礫石時為 1:1.5:3，使用碎石時為 1:1.7:3。於賓塞凡尼亞州之公道局，採用 1:1.5:3，於俄亥俄州公道局，採用 1:2:4，於下層採用 1:2.5:5，1:3:6 等。又於上層採用 1:2:5 者亦有之。

用單層式時之容積成分比，通例採用 1:2:4，1:5:3 等，與

複層式上層用之成分比殆相同。

此處應須注意者，用砂過量則顯著減少其強度之一事是也。上述之成分比，依從來習慣，以各材料之容積表示之，但於實際，水泥容積之測定，實甚困難，易起差異，現今多採用重量比之方法。例如以水泥一立方公尺為 1500 kg. 之類，指定其單位重量，或依法制，對於砂 400 公升，礫石 800 公升，而云水泥 300 kg. 或 400 kg. 之類。此法比較不易發生差誤。

為求造成最大密度之混凝土，應先篩分混凝土，再將各種大小混合材中，採用其能得最大密度者，依此而造成適當之成分比。美國加利福尼亞州某道路局，分混凝土為四種，依重量而配合之如第 70 表。

第 70 表
混 凝 材 成 分 比

混 凝 材	粒 度(mm.)	單位重量(kg/m ³)	成 分 (%)
第 一 號	76-25	1.620	41
第 二 號	38-3 號篩	1.570	19
第 三 號	19-10 號篩	1.510	12
砂	—	1.680	28
混 合 物	—	1.730	100

關於水泥之配合比例，美國伊里諾斯 (Illinois) 大學教授托爾波特 (A. N. Talbot) 氏之水泥空隙論發表以來，認定次說為合

理，即不問混凝土之空隙如何，混凝土中應含有之水泥量，只一定量。故於最近，不拘混凝土之空隙之大小，於混合混凝土之一定容積中，使之含有定量之水泥方針。例如採用複層式時，上層混凝土，每一立方公尺，使用水泥 350 至 450 kg.，下層可使用 200 至 275 kg. 之水泥。

依德國汽車道路學會 1925 年所制定之規則，於複層式之上層，或單層式之表面鋪裝厚 5. cm. 之處，混凝土每一立方公尺中，應含有水泥量，最少為 350 kg.，複層式之下層及單層式之表面鋪裝厚 5 cm. 以下之部分，須為 250kg.。此時水泥之單位重量，假定為 1500 kg./m^3 ，則此水泥與混凝土容積之比，各與 1:4.3 及 1:6 相當。

又於美國加利福尼亞州某道路，混凝土每一立方公尺，使用約 350kg. 之水泥，塌下度 (Slump) 於 1.9 cm 至 2.5 cm 之範圍內，28 日之抗壓強度，其結果達於 350 kg./cm^2 ，施工後二星期，即開放交通。

第三 混凝土所要材料之計算

於第二項已詳述混凝土成分比，故應以此例，而決定混凝土單位容積中所要之水泥、礫石、砂等用量。然其合理之決定，極其複雜，計算困難，故可用次列之簡單實驗公式。

今示最簡單之美國佛勒(Fuller)氏之實驗公式如(64)式。

成分比 1 (水泥) : m (砂) : n (礫石)

假定水泥之單位重量為 1500 kg./m^3

混凝土每一立方公尺所要之各材料如次。

$$\left. \begin{array}{l} \text{Cement} \quad \frac{2340}{1+m+n} \dots\dots\dots(\text{kg.}) \\ \text{Sand} \quad \frac{1.55m}{1+m+n} \dots\dots\dots(\text{cub. m.}) \\ \text{Gravel} \quad \frac{1.55n}{1+m+n} \dots\dots\dots(\text{cub. m.}) \end{array} \right\} \dots\dots\dots(64)$$

日本鐵道省業務研究資料記載之實驗公式如(65)式。

$$A = g + \{(X+Y)(1-B) - Cg\} \dots\dots\dots(65)$$

上式中 A = 混凝土之量(立坪)。 (1 立坪 \doteq 6.01 立方公尺)

X = 水泥之量(立坪)

Y = 砂之量(立坪)

g = 礫石之量(立坪)

B = 砂之收縮率(普通0.21)

C = 礫石之空隙(普通0.40)

次用理論公式算出混凝土材所要用量如次。

$$W = (1+\alpha)c + (1+B)s + (1+r)g \dots\dots\dots(66)$$

上式中 c = 水泥之實積,

s = 砂之實積,

g = 礫石之實積,

c_1 = 水泥之空隙,

s_1 = 砂之周圍之空隙,

g_1 = 礫石之周圍之空隙,

$$\alpha = \frac{c_1}{c}$$

$$B = \frac{s_1}{s}$$

$$r = \frac{g_1}{g}$$

W = 混凝土之容積

c_1, s_1, g_1 乃水與空氣應占有之容積。

依實驗結果，普通 $r=0.08$ ，砂係粗砂時， $B=0.34$ ，細砂時， $B=0.67$ 。 α 普通取與 B 同值。故除微粒砂外，可由第(66)式得(67)式。

$$W = 1.34c + 1.34s + 1.08g \dots\dots\dots(67)$$

今使成分比為 1:m:n，依此成分而成之混凝土之容積為 Q_1

- 使 C = 混凝土單位容積中之水泥容積，
- G = 混凝土單位容積中之礫石容積(nC)，
- S = 混凝土單位容積中之砂之容積(mC)，
- V_1 = 水泥之絕對空隙，
- V_2 = 砂之絕對空隙，
- V_3 = 礫石之絕對空隙，

將上值代入(67)式，則得

$$Q = 1.34(1 - V_1) + 1.34(1 - V_2)m + 1.08(1 - V_3)n \dots\dots\dots(68)$$

因之

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{1}{1.34(1 - V_1) + 1.34(1 - V_2)m + 1.08(1 - V_3)n} \\ S &= mC \\ G &= nC \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(69)$$

今使水泥之比重為 3.10，其單位重為 1500 kg/m^3 ，則

$$V_1 = 1 - \frac{1500}{3.1 \times 1000} = 1 - 0.48 = 0.52$$

若水泥之單位重量為 1600 kg/m^3 ，則

$$V_1 = 1 - \frac{1600}{3.1 \times 1000} = 1 - 0.52 = 0.48$$

又砂之空隙，於普通砂，平均為 0.46，即

$$V_2 = 0.46$$

礫石之空隙，普通為 0.40 至 0.50，即

$$V_3 = 0.40$$

將以上各值代入(69)式，則得

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{1}{1.34(1-0.52) + 1.34(1-0.46)m + 1.08(1-0.4)n} \\ &= \frac{1}{0.6432 + 0.7236m + 0.648n} \\ S &= mC \\ G &= nC \end{aligned} \right\} \dots$$

.....(70)

又因水泥之成分比以重量計算，故欲知其重量時，可由(70)式計算之結果，乘以水泥一立方公尺之重量 1500 kg ，即得。

水泥 1.0 m^3 之重量，於外國以 1500 kg/m^3 為標準。今依(70)式，計算種種成分之所要量如第 71 表。

第 71 表

混凝土每一立方公尺所要材料

水單位 泥量	成 分		粗混凝土空隙 45%			粗混凝土空隙 40%		
	容 積	複 式	水 泥 kg.	砂 (m ³)	礫石 (m ³)	水 泥 kg.	砂 (m ³)	礫石 (m ³)
1500kg./m ³	1:1:2	水泥 600kg.	185.0	0.39	0.78	562.5	0.37	0.76
	1:1 $\frac{1}{2}$:3	400kg.	425.0	0.42	0.85	401.0	0.41	0.81
	1:2:3	—	385.0	0.52	0.77	370.0	0.50	0.71
	1:2:4	300kg.	333.8	0.45	0.89	318.8	0.43	0.83
	1:2:5	—	294.0	0.39	0.98	279.0	0.37	0.93
	1:2 $\frac{1}{2}$:5	240kg.	276.0	0.46	0.92	261.0	0.44	0.87
	1:3:6	200kg.	235.0	0.47	0.94	225.0	0.45	0.90
	1:4:8	150kg.	180.0	0.48	0.96	170.0	0.46	0.91
1600kg./m ³	1:1:2	640kg.	616.0	0.39	0.77	592.0	0.37	0.74
	1:1 $\frac{1}{2}$:3	427kg.	448.0	0.42	0.84	426.7	0.41	0.80
	1:2:3	—	405.3	0.52	0.76	389.3	0.50	0.73
	1:2:4	320kg.	352.0	0.45	0.88	336.0	0.43	0.84
	1:2:5	—	310.4	0.39	0.97	294.4	0.37	0.92
	1:2 $\frac{1}{2}$:5	256kg.	291.2	0.46	0.91	275.2	0.44	0.86
	1:3:6	213kg.	248.0	0.47	0.93	237.3	0.45	0.89
	1:4:8	160kg.	190.0	0.48	0.95	180.0	0.46	0.90

[例]

求 1:2:4 之混凝土 1.0 m³ 所要各種材料之量。

(解)

用美國佛勒之公式,設單位水泥重量為 1500 kg/m³

則

$$\text{水泥} \quad \frac{2340}{1+2+4} \doteq 334.4 \text{ kg.}$$

$$\text{砂} \quad \frac{1.55 \times 2}{1+2+4} \doteq 0.44.3 \text{ cub.m.}$$

$$\text{礫石} \quad \frac{1.55 \times 4}{1+2+4} \doteq 0.886 \text{ cub.m.}$$

如用日本鐵道省業務研究資料之實驗公式，

$$1 \text{ 立坪} = 6.01 \text{ m}^3$$

$$A = g + \{(X+Y)(1-B) - Cg\}$$

$$\therefore \frac{1}{6.01} = 4x + \{(x+2x)(1-0.21) - 0.4 \times 4x\}$$

$$\therefore x = \frac{1}{28.67} \text{ 立坪} \doteq 0.2097 \text{ m}^3$$

設單位水泥之重量為 1500 kg/m^3 ，則

$$1500 \times 0.2097 = 314.5 \text{ kg,}$$

$$\text{砂} \quad Y = 2x = \frac{2}{28.67} \text{ 立坪} = 0.4194 \text{ m}^3$$

$$\text{礫石} \quad g = 4x = \frac{4}{28.67} \text{ 立坪} = 0.8388 \text{ m}^3$$

又依理論公式解之，由第 66 表，若粗混凝材之空隙為 40. % 時，則

$$\text{水泥} = 318.8 \text{ kg.}$$

$$\text{砂} = 0.43 \text{ m}^3$$

$$\text{礫石} = 0.85 \text{ m}^3$$

若粗混凝材之空隙為 45. % 時，則

水泥 = 333.8 kg.

砂 = 0.45 m³

礫石 = 0.89 m³

第三節 混凝土鋪路下路床之排水

無論於何種鋪道下之路床，俱有排水之必要，而於混凝土鋪路，尤屬重要，若排水不完全，則易將路床軟化，而使支持力弱小，且路床吸收水分時，雖依土質而有多少之不同，但俱有膨脹收縮之作用。此時鋪版應所負之載重，而生複雜之內力，遂致鋪面發生龜裂。路床土質之最不安定者，為含有細末之砂及爐滓等之土質，淡青色之粘土，尤不適當。其膨脹及收縮率，有達於50%者。

使路床軟化之有害水分，有下列數種。

- (1) 由鋪面之破壞及接合部之破壞處而滲透之水。
- (2) 路床下之水，依毛細管作用而上昇者。
- (3) 依地熱由路床下蒸發之水，沉滯於鋪版之下者。

屬於第(1)種之水，乃由鋪面之破損而生，(2)及(3)二種乃由路床排水不完全而生者也。後述二種，由實驗結果，知其影響頗大。例如於第(2)種之情形，鋪面之溫度愈低，其毛細管現象愈大，於第(3)種情形，鋪面之溫度低，則由地下蒸發之水蒸汽，與鋪面底部之冷體相接觸，液化為露而沉滯於鋪版下，斯時路床起顯著之軟化，而減少其支持力，同時惹起膨脹及收縮，置鋪版於不安定之狀態。考慮上述之因果關係，故知有充分施行排水設

備之必要。

故當混凝土鋪路築造之際，路床含有相當水分時。須於鋪版兩端之外側，造一較淺之縱斷暗溝 (Longitudinal Blind Drain) 以集水，此溝之深度，由鋪版底部掘下 20 cm. 至 25 cm.，填以徑約 9 cm. 至 20 cm. 之彈石或碎石。如斯集中於此縱斷暗溝之水，由橫斷路肩部之短橫斷溝 (Crossing Drain)，導流於道路兩側之側溝而流出。此時橫斷溝之間隔，普通用 30. m. 以下。

若路床下之水較多，而土質可依毛細管現象，將地下水，由路床下約 30. cm. 之處，而能上昇時，則於鋪裝部之一側或兩側，設置土管排水溝 (Pipe Drain) 爲宜。

於美國，線膨脹率 12% 至 14% 之路床時，則混以砂、礫石、石灰、水泥等之材料，以減低其膨脹率。

其實驗結果，如第 72 表。

第 72 表

附加材料 (%)	地盤線膨脹率 (%)
0	12-14
5	10
15	6
30	4
50	2

依實例，於粘土質及不安定之處，可置砂或礫石一層厚約 8. cm. 至 10. cm.。又於濕度較大之處，則可採用前述之 V 形

排水溝而構造之，此項 V 形排水溝，於混凝土版之下部中央約 30 cm. 至 46 cm. 之兩側，掘下 10 cm. 至 15 cm.，於其底部填充徑約 15 cm.，上部徑約 5 cm. 之彈石或礫石、碎石等而行輾壓，更於其上層以細碎石為填隙材，輾壓以完成之。但如斯之築造法，除於石材多量之地方以外，即不經濟。

第四節 路床築造及橫斷面之形狀

第一 路床築造

混凝土，本非彈性體，因之路床發生不均一之膨脹或沉下時，鋪版易生龜裂，故路床須使土質造成等質均一，且使之具同樣之硬度。混凝土鋪路之路床，有新築者，有用舊土砂路或礫石、碎石路加工而成者。今詳述此等路床之完成方法如次。

(1) 新設路床，與新築土路之方法同樣，先行挖填平土及兩旁斜坡，除去彈石、樹根、雜草，及其他腐土等，用 10 噸重之輾壓機壓實之，若發現軟弱之處，則混以礫石等類，使之具有同一之密度。然一般新築路床，若僅如上述施工，尚不完美，更須以礫石或碎石之類，薄布於其面，而行輾壓，使之具有充分之支持力。

(2) 以舊土砂路為路床時，土路之中央部，因經交通輾壓，比較堅硬，漸至兩側，恆起漸次軟弱之傾向。於此種密度不均一之處，敷設鋪版時，於鋪版之縱方向，易生龜裂或不均一之沉下，故當輾壓之際，應於兩側逐漸置土，充分輾壓，依規定形狀完成之。又一般原有土路等，其橫斷坡度，頗多甚大，苟於其上鋪

設緩和坡度之鋪道如混凝土版時，其兩端勢非填土不可，若中央部與兩端之硬度及高低差頗大時，則以掘土器 (Scarifier) 等全部將路床掘起，再將泥土均勻撒布，而輾壓完成之。若如此施工而路床尚不確實時，則更撒布厚約 5 cm. 之礫石，再行輾壓。

第二 路床橫斷形

混凝土鋪路之路床橫斷形，大體有二種，即與鋪面平行而附以橫斷坡度及水平路床而僅於鋪版附以橫斷坡度二種是也。依混凝土版之形而不同。(參照第 94 圖)

第五節 鋪道之橫斷坡度

鋪道橫斷坡度，依縱斷坡度而不同，有規定為 1:40 至 1:80 者。此項橫斷坡度，自須依公路與市街道路而異。於地方道路，因掃除不完全，故於橫斷坡度，務使表面排水一無故障。其於街路，有路牙與無路牙之別而不同，其於有路牙者，應考慮鋪面有不良時，此時須具有不致為雨水而被淹之路頂。但如上所述，僅為其決定之要項，更須依道路之使用目的，參照第七章第二節所述而決定之。一般採用約 1:50 至 1:60。

橫斷形狀，如第 86 圖，僅將中央部 1.0 m 之間，使用圓弧形，而兩端以直線連結之。其最普通形狀，則為拋物線，今示美國人造水泥協會所定之標準拋物線 (Standard Parabola.) 如第 87 圖。

第 87 圖之道路中心高，可依次式求之。

$$h = \left(\frac{1}{50} \sim \frac{1}{100} \right) B \dots\dots\dots(71)$$

如第 86 圖所示,其坡度,以 2% 至 $2\frac{1}{2}$ % 為普通。又如第 87 圖所示之道路中心高,可依次式求之。

$$h = \left(\frac{1}{80} \sim \frac{1}{100} \right) B \dots\dots\dots(72)$$

但上式中

h = 路面中心高

B = 路面寬度

圖 86

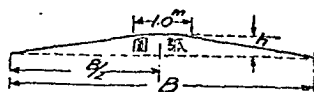
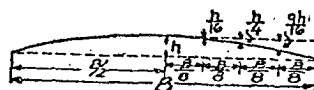


圖 87



第六節 最大縱斷坡度

此種鋪道之最大縱斷坡度,美國土木協會規定,可達 8. %。但如我國北部冬季路面易於凍結之處,於可能範圍內,以緩坡度為宜。

第七節 混凝土鋪版之設計

當混凝土鋪版設計之際,須考慮次列諸要項。

- (A) 鋪版當混凝土硬化之際而收縮，故鋪版須能抵抗此項收縮動能 (Contractible Action)。
- (B) 鋪版，須能抵抗因溫度變化而生之膨脹收縮 (Expansion and Contraction)。
- (C) 能抵抗鋪版所生之應拉力 (Tensile Stress)。
- (D) 能抵抗鋪版所生之應壓力 (Compressive Stress)。
- (E) 能抵抗鋪版所生之反復應力 (Repeating Stress)。
- (F) 能抵抗鋪版所生之彎曲應力 (Bending Stress)。
- (G) 能抵抗鋪面之磨滅 (Defacement)。

第八節 混凝土鋪版之伸縮接縫設計

最近因混凝土鋪路之進步，關於伸縮接縫，亦有種種之意見。於美國某州，有主不須者，有主必要者，但於溫度乾濕之差較大之處，一般認為必要。

當設伸縮接縫時，其間隙，依受種種之影響所生之伸縮程度而決定之。對於此點，依台維斯 (Davis) 氏之說如次。

混凝土版之水平動之原因

混凝土版水平動之原因，其起因有主張如次列之三項。

- (1) 因混凝土之膠質素，失其水分，在凝結期間而起之收縮。
- (2) 依溫度之變化而起交互之膨脹，收縮。
- (3) 依濕度之變化而起交互之膨脹，收縮。

橫斷接縫

- (1) 依凝結之收縮

關於混凝土硬化期間之收縮力，於美國有詳細之試驗，結果，其收縮率為 0.00068。此項收縮，於混凝土混合後，至少 12 個月間繼續發生，最初 28 日間之收縮，達其全部收縮率之二分之一。今以此為基本而計算接縫之間隙如次。

$$\Delta L_w = C \times L \times 1000 \dots\dots\dots (73)$$

式中 ΔL_w = 混凝土硬化之最大間隙長 (m m.)

C = 收縮率 (0.00068)

L = 鋪版長 (m.)

[例解]

鋪版每長 20. m., 設一橫斷伸縮接縫, 求其間隙之長。

$$\Delta L_w = 0.00068 \times 20 \times 1000 = 13.6 \text{ m m.}$$

即對於鋪版長 20. m., 其間隙長須 13.6 m m., 此乃依硬化收縮之水分發散而生, 則再吸收水分時, 當復於元形。

(2) 依溫度變化之膨脹及收縮

由溫度變化而起之膨脹係數, 依實驗結果, 每華氏一度, 約為 0.0000056, 大氣溫度之差, 設為華氏 100 度, 則其最大膨脹係數當為 0.00056。以此為基準而計算膨脹收縮間隙如次。

$$\Delta L_T = C \times L \times 100 \dots\dots\dots (74)$$

式中 ΔL_T = 最大膨脹間隙長 (m m.)

L = 鋪版長 (m)

C = 0.00056.....F 100° (溫度差)

[例解]

每鋪版長 20. m. 設置伸縮接縫, 求由於溫度而起之伸縮間

隙長，但溫度差假定為華氏 100 度，

$$\Delta L_T = 0.00056 \times 20 \times 1000 = 11.0 \text{ m. m.}$$

(3) 由於乾濕變化所起之膨脹及收縮

由於交互乾濕而起之伸縮，有以為較以前二種為小者，但於初春濕氣較多時節，混凝土板，多生凹凸，如於盛夏，則不見此種現象，由此考察，因時節乾濕交互伸縮，可想見其有相當之大量。然若祇考慮前述二者而加以多少之添裕，當無大影響。

(4) 結論

結局，接縫間隙，應於其中填充瀝青 (Asphalt) 或瀝青氈 (Asphalt felt) 等之防水彈性物，每 20. m. 以下之鋪板間隙長，最小約須 13.6 m. m.，至最大約須 15. m. m.，若設置 15 m. m.，至 25 m. m.，之較大間隙，在維持上反為有害。最近之施工法，接縫間隙，採用近距離，其間隔使之約為 5 m. m.，於其中插入瀝青氈或柏油紙 (Tar Paper) 之類者為多。

縱斷接縫

縱斷接縫，與前記橫斷接縫無異，沿道路之方向，於鋪板之中央或沿兩路牙而設置之，其設置於中央之理由，使之能抵抗板之伸縮，自不待言，此外重大之理由，則依鋪板上下面之溫度差與濕度差，上下面之伸縮不一樣，而致板生反曲，或依路床之凍結，水分之收斂等，遂致惹起路床之膨脹及收縮，此時於板之中央附近，有發生龜裂之傾向。為防止此種龜裂，故有豫先設置人工接縫之必要。更於鋪板寬度廣大時，非設置之不可，對於鋪板寬度 5.5 m. 以上者，即有設置之必要，其寬度 11.0 m. 以上時，則

設 3 條以上之接縫，其接縫間隔，以 5.5 m. 以下為宜。鋪版寬度在 5.5 m. 以下時，以緩和版之伸縮為目的，沿路牙設置之。此縱斷接縫，因與交通平行，故接縫間隙，不得過大，以 5. m m. 至 8. m m. 為適當。

尚有關於接縫之構造，於後節詳述之。

第九節 混凝土鋪路橫斷接縫之決定法

混凝土版，於路床之上，因溫度及硬化，水分之吸收等關係而起膨脹或收縮，如第八節所述。

如斯發生水平動時，路床面與鋪版底部之磨擦，混凝土版膨脹時，其自身受應壓力 (Compressive Stress)，反之，在收縮時，則生應張力 (Tensile Stress)。但依混凝土之性質，應壓力強，應張力弱，故鋪版受應張力時，最為危險，易生龜裂，其生龜裂之理由，因混凝土版之抗張強度，較路床面與混凝土版底間之磨擦為小之故也。

今由理論上解決之，於第 88 圖， \overline{AB} 乃混凝土版之中央橫斷線，以此線為中心，收縮時，於此部分受最大應張力。與對抗於此全應張力之全磨擦力之關係式如(75)式。

$$100Scd = \frac{1}{2} LfW \dots\dots\dots(75)$$

式中 L = 橫斷接縫距離(m.)

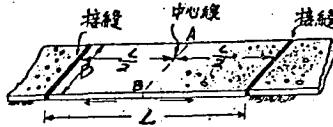
d = 鋪版之厚(cm.)

f = 路床與鋪版間所生之摩擦係數

$W = \text{混凝土版之重量}(\text{kg}/\text{m}^2)$

$Sc = \text{混凝土之容許抗張強度}(\text{kg}/\text{cm}^2)$

圖 88



由(75)式而求 L , 則

$$L = \frac{2 \times 100 \times Scd}{fW} \dots \dots \dots (76)$$

依(76)式, 可得決定接縫之距離, 但上式中, 混凝土之容許抗張強度 Sc 及摩擦係數 f 值之決定, 又屬另一問題也。

混凝土鋪路, 鋪設後約經 10 日間, 解除保養, 受日光之直射, 混凝土內之水分發散而行收縮, 混凝土經過 10 日之強度頗小, 實驗結果, 混凝土混合後經過 7 日至 10 日之破壞強度, 於普通混凝土約 $7.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 至 $105\text{kg}/\text{m}^2$, 此破壞強度, 自然依種種條件而不同。例如對於成分比, 骨材之大度, 混合水量, 有多大之關係。

關於摩擦係數 f 之值, 美國道路局實驗之結果, 為 1 至 2, 使用其值之大者, 則必安全。

如期接縫距離之決定, 若提高混凝土之抗張強度, 充分完成路床之築造, 使其路面平滑時, 得多少延長其距離。又如第十一節所述, 若插入鐵筋時, 亦得延長其距離, 但其距離過大時, 則膨脹接縫之間隙亦大, 故設計者, 須注意及之, 取其適當長度。此項

接縫距離之決定，實際問題上，有種種主張，例如有主張 9. m. 至 15. m. 者，有為 60. m. 至 90. m. 者。於我國似以採用前者為較適當。

橫斷接縫之位置，普通垂直於路心而設置之，但於英國，有於斜方向設置者。

[例解]

混凝土版厚 $d=15$. cm. 鋪版保養日數假定為 10 日，此時取混凝土破壞強度為 70 kg./cm²，安全率為 2，假定 $S_c=3.5$ kg./cm²，求此時之接縫距離。但混凝土 1.0 立方公尺之重量，假定為 2200kg，又取 $f=2$ 。

$$(解) \quad L = \frac{2 \times 3.5 \times 100 \times 15}{2 \times 330} \div 15.8 \text{ m.}$$

依上例，可知接縫距離，使之在 15.8 m. 以下，則安全也。

第十節 混凝土鋪版厚度之設計

當混凝土版厚之設計時，宜考慮路床施工不完全之情形，豫想鋪版支持於如第 89 圖所示之狀態。又假想鋪版依版上下面之溫度差及濕度差，上面下面各起相異之膨脹收縮，而生如第 90 圖所示之反曲。設計時，於如斯狀態，同時又須使其能抵抗交通物載重。然如第 90 圖之狀態即假定於中央之一部而被支持，則過於極端，只考慮自鋪版之緣端約 1.2 m 之距離，與路床相分離，當充分也。

圖 89



圖 90

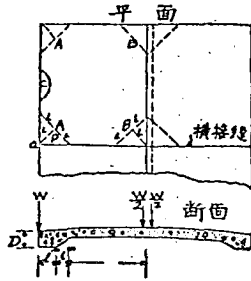


(1) 假想鋪版反曲之情形

如第 90 圖，就中央有接縫時之鋪版厚設計而詳述之。今於第 91 圖，A B C 等部分，實際上破損之度，有較大之傾向，茲知此等弱點，更假定種種之狀態，而討論橫斷面之設計法。於第 91 圖，欲決定 A 部分之厚，根據如次之假定，即假定有集中載重 W 作用於 a 點而被支持於 P 點之懸梁 (Cantilever)，而設計此部分之厚度。又於 B 之部分，假定有一個之集中載重 W，於 B 之尖端各支持 W/2 之懸梁，而設計此部分之厚度。

今根據上記 AB 部分之假定而得次之關係式。

圖 91



A 之部分：

$$M = \frac{SI}{y} = \frac{SbD^2}{6}$$

上列彎曲公式中

S = 混凝土之容許彎曲應力度 (kg/cm²)

b = 2L

y = D/2

則

$$M = W L_1 = \frac{2SLD^2}{6} \dots\dots\dots(77)$$

$$W = \frac{SD^3}{3}$$

$$\therefore D = \sqrt{\frac{3W}{S}} \dots\dots\dots(78)$$

B 之部分：

與 A 之部分所記同樣。

$$d = \sqrt{\frac{3W}{2S}} = \sqrt{\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{3W}{S}} \div \frac{7}{10} D \dots\dots\dots(79)$$

[例解]

假定 8 噸貨物汽車之後一輪載重 W (3000.kg) 載於 A 之尖端 a 點，求足以抵抗此載重之厚度 D。又同時求 d 值。但 S 之值，取普通混凝土之抗曲強度 35. kg/m² 之 50% 以下。

$$D = \sqrt{\frac{3 \times 3000}{17.5}} = 22.7 \text{ cm.}$$

$$\text{又 } d = \frac{7}{10} \times 22.7 = 17.5 \text{ cm.}$$

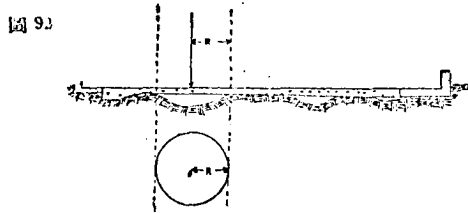
上列之算式，假定路床全然不支鋪版，於混凝土之自重，未加考慮，載重 W，實際雖屬動載重，視為靜載重而處分之，用此等相殺緩和，而誘導之公式也。

次 C 之部分，比 A 之部分強，乃當然之事，使與 A 部分等厚，則甚充分。綜合是等，如第 106 圖之橫斷面，當適合於條件。

(2) 路床生凹下時

如第 92 圖，於寬度約 5.45 m (18 ft.) 之處，路床中生徑約

1.2 m 之凹處，假想有重大貨物汽車之後輪載重作用於其上部時，試設計其鋪版厚。



$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{P}{2} \times \frac{2\pi}{\pi} - \frac{\pi R^3}{2} W \times \frac{4}{3\pi} R \\ I &= \frac{bd^3}{12} = \frac{2Rd^3}{12} \\ y &= \frac{d}{2} \end{aligned} \right\}$$

以上記之值，代入於求單位纖維應力 (Fibre Stress) 之一般公式，即

$$S = \frac{M}{I} y$$

中，則得(80)式，

$$\begin{aligned} S &= \frac{\left(\frac{P}{2} \times \frac{2R}{\pi} - \frac{\pi RW}{2} \times \frac{4}{3\pi} R \right)}{\frac{2RD^3}{12}} \times \frac{d}{2} \\ &= \frac{3P}{\pi d^2} - \frac{2R^2 W}{d^2} \dots\dots\dots(80) \end{aligned}$$

式中 S = 混凝土之單位彎曲應力 (kg./cm^2)

W = 對於混凝土版厚 d 之重量 (kg./cm^2)

P = 集中動載重 (kg.)

d = 混凝土版厚 (cm.)

R = 路床凹處之半徑 (cm.)

$\pi = 3.1416$

考察(80)式，雖得假定以半徑 R 之圓版支持載重 P ，但實際於圓之周圍，亦補強之。茲假定此補強之比例為 $\frac{6}{10}$ ，則得(81)式。

$$S = \frac{6}{10} \left(\frac{3P}{\pi d^2} - \frac{2R^2 W}{d^2} \right) \dots \dots \dots (81)$$

[例解]

假定路床凹處半徑 $R = 60. \text{ cm.}$,

混凝土之重量 $2200 \text{ kg./m}^3 (0.0022 \text{ kg/cm}^3.)$,

集中載重，假定 8 噸貨物汽車之後一輪載重為 $3000. \text{ kg.}$,

依汽車速度之衝擊載重，於第三章第四節已詳述之，依實

驗結果，最小約為 2，茲採用之以決定 P ，則 $P = 2 \times 3000$

$= 6000 \text{ kg.}$ ，假定混凝土版厚為 $15. \text{ cm.}$ 計算版內所生之

內力強度，即彎曲應力度，檢驗此強度是否在混凝土之容

許彎曲應力度以內，而為版厚之設計。

但混凝土之容許彎曲應力度，假定為 17.5 kg/cm^2 。

$$S = \frac{6}{10} \left(\frac{3 \times 6000}{3.14 \times 15^2} - \frac{2 \times 60^2 \times 0.03}{15^2} \right) = 14.6 \text{ kg/cm}^2$$

然 $S = 17.5 \text{ kg./cm}^2 > 14.6 \text{ kg./cm}^2$

故此鋪版可云安全。

依上例，寬度 5.45 m. 之道路，其路床縱有多少不平時，其鋪版使用 15. cm. 以上，亦屬安全也。

第十一節 鐵筋混凝土鋪版之設計

插入鐵筋(Reinforcement)於混凝土鋪版時，究有幾許利益，乃頗值研究之問題，最近於歐美各國，由實際研究，其結果有種種之意見，例如有主張不用鐵筋者，有主張插入細鐵筋或鐵筋者。但迄今鋪設者，多未使用鐵筋，反此，二層式之插入鐵筋者，亦復不少。

今就二說之利害得失而言之如次。混凝土版之生龜裂至某程度，乃不可免之事，實際發生龜裂時，顯著減少鋪版之壽命。而由混凝土之性質上，如道路；受反復載重之作用，鋪設於不確實之路床上時，應插入多少之鐵筋，可謂當然之事。然其插入鐵筋之量，乃應研究之問題，若多量使用，欲全然防止龜裂，則應需慎重考慮，只須適當配置細鐵筋，以顯著低減其龜裂，縱有多少龜裂之發生，而無全然分離之事，使該處遲其破損之度，如此程度插入鐵筋，乃為緊要而必須者也。

1925年美國道路局(U. S. Bureau of Public Roads.)之施工實驗結果，發表次記之結論。

(1) 龜裂之發生，與混凝土之材齡成比例，因之龜裂之大小，得以為計量混凝土之年齡之標準。

(2) 鐵筋可以輕減龜裂之發生，因之可以延長鋪路之壽命。

(3) 因輕減龜裂之發生，故與其增大混凝土版之厚度，不若插入鐵筋為經濟而有效。

(4) 綿密插入細鐵筋，較稀疏插入粗鐵筋時，其龜裂發生之度較少。

(5) 插入 1.25 至 2.75 kg/m^2 之鐵筋量時，得減輕 35% 至 70% 之龜裂之發生。

(6) 插入 1.25 至 2.75 kg/m^2 之鐵網或 3.3 kg/m^2 之圓鐵筋(其 25% 使用於縱之方向)時，較增大 2.5 cm 之版厚，在防止龜裂上，其效較大。

(7) 但僅於橫方向插入 2.0 至 2.4 kg/m^2 之鐵筋時，則不若增大 2.5 cm 之版厚為有效。

(8) 使用優良混凝土時，插入 2.75 kg/m^2 之鐵網或 8.3 kg/m^2 之圓鐵筋(縱橫方向各使用 $1/2$)，則與增大 5 cm 之版厚有同一之效果。

(9) 於補強舊混凝土道路之薄厚鋪裝，則插 2.0 kg/m^2 之鐵網，已屬充分也。

(10) 為防止道路邊之龜裂，與其於此部分插入 1.25 至 2.75 kg/m^2 之鐵網或 10 至 19 mm 徑之圓鐵筋，則不若增大 2.5 cm 之版厚為有效。

由上記之實驗結論觀之，亦以多少插入鐵筋為有效，特為防止鋪版之龜裂發生，較之增加版厚，不如插入鐵筋之為最經濟也。

今假定混凝土版之龜裂，如第九節所述，單由混凝土硬化所

起之收縮動，與路床混凝土版間所生之摩擦力，大於混凝土之容許應張力而起時，其應使抵抗於此之鐵筋量決定所用之關係式如次。

$$\frac{1}{2} LfWB = 100 \cdot BdS_o + A_s \frac{E_s}{E_o} S_o \dots \dots \dots (82)$$

式中 S_o , f , L , W 等與第九節所述同樣，

S_o = 混凝土之容許抗張強度 (kg/cm^2) $\dots \dots \dots 3.5 \text{kg}/\text{cm}^2$

f = 路床與鋪版間之摩擦係數 $\dots \dots \dots 2$,

L = 鋪版長 (m),

W = 對於混凝土版厚 d 時每平方公尺之重量 (kg .) ,

E_s = 鐵筋之彈性係數，

E_o = 混凝土之彈性係數，

B = 鋪版之寬度 (m.) ,

S_i = 鐵筋之容許抗張強度 (kg/cm^2) $\dots \dots \dots 1100 \text{kg}/\text{cm}^2$.

A_s = 插入於鋪版全橫斷面之全鐵筋斷面積 (cm^2) ,

d = 鋪版厚 (cm.) ,

圖 93



(82)式，乃使混凝土及鐵筋抵抗摩擦力而得之關係式，由此得誘導以求鋪版長及該鋪版所需之鐵筋量之公式即 (83) 及 (84)式。

$$L = \frac{2(100S_o dB + A_s \frac{E_s}{E_o} S_o)}{fWB} \dots \dots \dots (83)$$

$$A_s = \frac{\frac{1}{2} L f W B - 100 B d S_o}{\frac{E_s}{E_o} S_o} \dots \dots \dots (84)$$

即知接縫距離，鋪版縱生龜裂而不致發生破損程度時之最少鐵筋量之計算式，則用(84)式，今示一例如次。

第 73 表
鐵筋斷面積，周邊長及重量

徑 或 邊		圓 鋼			方 鋼		
m m.	in.	斷面積 (cm ²)	周邊長 (cm)	重 量 (kg/m)	斷面積 (cm ²)	周邊長 (cm)	重 量 (kg/m)
1	0.04	0.008	0.3	0.006	0.01	0.4	0.003
2	0.08	0.03	0.6	0.02	0.04	0.8	0.03
3	0.12	0.07	0.9	0.05	0.09	1.2	0.07
4	0.16	0.13	1.3	0.11	0.16	1.6	0.13
5	0.20	0.20	1.6	0.16	0.25	2.0	0.20
6	0.24	0.28	1.9	0.22	0.36	2.4	0.28
7	0.28	0.38	2.2	0.30	0.49	2.8	0.38
8	0.32	0.50	2.5	0.39	0.64	3.2	0.50
9	0.35	0.64	2.8	0.49	0.81	3.6	0.63
10	0.39	0.79	3.1	0.61	1.00	4.0	0.78
11	0.43	0.95	3.5	0.74	1.21	4.4	0.94
12	0.47	1.13	3.8	0.88	1.44	4.8	1.13
13	0.51	1.33	4.1	1.04	1.69	5.2	1.32
14	0.55	1.54	4.4	1.20	1.96	5.6	1.53
15	0.59	1.77	4.7	1.38	2.25	6.0	1.76

16	0.63	2.01	5.0	1.57	2.56	6.4	2.00
17	0.67	2.27	5.3	1.73	2.89	6.8	2.26
18	0.71	2.54	5.7	1.99	3.24	7.2	2.54
19	0.76	2.84	6.0	2.22	3.61	7.6	2.83
20	0.79	3.14	6.3	2.46	4.00	8.0	3.14
22	0.87	3.80	6.9	2.98	4.84	8.8	3.79
24	0.94	4.52	7.5	3.85	5.76	9.6	4.52
26	1.02	5.31	8.2	4.16	6.76	10.4	5.30
28	1.10	6.16	8.8	4.83	7.84	11.2	6.15
30	1.18	7.07	9.4	5.54	9.00	12.0	7.06
32	1.26	8.04	10.1	6.31	10.24	12.8	8.03
34	1.34	9.08	10.7	7.12	11.56	13.6	9.07
36	1.42	10.18	11.3	7.98	12.96	14.4	10.17
38	1.50	11.34	11.9	8.90	14.44	15.2	11.33
40	1.58	12.57	12.6	9.80	16.00	16.0	12.56
42	1.66	13.85	13.2	10.87	17.64	16.8	13.84
44	1.73	15.21	13.8	11.93	19.36	17.6	15.19
46	1.81	16.62	14.5	13.04	21.16	18.4	16.61
48	1.89	18.10	15.1	15.20	23.04	19.2	18.08
50	1.97	19.63	15.7	15.41	25.00	20.0	19.62

鐵線斷面積，周邊長及重量

(徑)		B. W. G.	斷面積 (cm ²)	周邊長 (cm)	重量 (kg/m)
mm.	in.	近似號數			
12.00	0.472	—	1.131	3.769	0.870
10.00	0.394	—	0.765	3.142	0.604

9.00	0.354	—	0.636	2.827	0.489
8.00	0.315	—	0.503	2.513	0.387
7.00	0.276	—	0.385	2.199	0.296
6.50	0.256	3	0.332	2.042	0.255
6.00	0.236	4	0.283	1.885	0.218
5.50	0.216	5	0.233	1.728	0.183
5.00	0.197	6	0.196	1.571	0.151
4.50	0.177	7	0.159	1.414	0.122
4.00	0.157	—	0.126	1.257	0.097
3.50	0.138	10	0.096	1.100	0.074
3.20	0.126	—	0.080	1.005	0.063
2.90	0.114	—	0.066	0.911	0.051
2.60	0.102	12	0.053	0.817	0.041
2.30	0.091	13	0.042	0.723	0.032
2.00	0.079	14	0.031	0.628	0.024
1.80	0.071	15	0.025	0.565	0.019
1.60	0.063	16	0.0.0	0.503	0.015
1.40	0.055	17	0.015	0.440	0.012
1.20	0.047	18	0.011	0.377	0.009
1.00	0.039	19	0.0079	0.314	0.0060
0.90	0.035	20	0.0064	0.283	0.0049
0.80	0.031	21	0.0050	0.251	0.0039
0.70	0.028	22	0.0039	0.220	0.0030
0.65	0.026	—	0.0033	0.204	0.0026
0.60	0.024	—	0.0028	0.189	0.0022
0.55	0.022	24	0.0024	0.173	0.0018

以下略。B. W. G. 乃北明翰 (Birmingham) 標準鐵線尺寸，鋼絲重量，增加上表 2. %。

[例解]

鋪版長 16. m., 版厚 15. cm., $f=2.$, $S_0=3.5 \text{ kg/cm}^2.$, 混凝土重量 $2200 \text{ kg./m}^3.$, 對於鋪版厚 15. cm. 每平方公尺之重量 $W=330 \text{ kg.}$, 使 $E_s/E_0=10$, 依 (84) 式求鐵筋量 A_s 。但求鋪版寬 1.0 m 之鐵筋量。

$$A_s = \frac{\frac{1}{2} \cdot 16 \times 2 \times 330 \times 1 - 100 \times 3.5 \times 15 \times 1}{10 \times 3.5}$$

$$= 0.86 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

今由第 73 表，採用 $\phi 4. \text{ m m.}$ 之鐵筋，則每寬一公尺插入七根已足。今於上例如 $L=10. \text{ m.}$ ，則完全無需鐵筋。

又鋪版橫方向之鐵筋量，於 (84) 式，以 L_1 為鋪版縱斷接縫之間隔而計算之可也。

如使混凝土對於前述之摩擦力，全然不抵抗，只使鐵筋抵抗之，則可得次之關係式。

$$\frac{1}{2} L B f W = A_s S_1 \dots\dots\dots (85)$$

$$\text{由上式 } L = \frac{2 A_s S_1}{f B W} \dots\dots\dots (86)$$

$$A_s = \frac{L f B W}{2 S_1} \dots\dots\dots (87)$$

(87) 式，乃欲全然防止龜裂而得之算式，今使用 (87) 式而示一計算例如次。

【例解】

鋪版長 15.m., $f=2$, $W=330$ kg., $d=15$. cm.,

$S_1=1100$ kg/cm². , 單位寬 $B=1$. m.,

依(87)式計算其鐵筋量。

$$A_s = \frac{15 \times 2 \times 1 \times 330}{2 \times 1100} = 4.5 \text{ cm}^2.$$

又如 $L=10$. m. 時, 則得 $A_s=3.0$ cm² 之結果。

今由第 73 表, 使用 $\phi 5$ mm 之鐵筋, 則須鐵筋 23 根,

$L=10$. m 時, 則須鐵筋 15 根。

又對於鋪版之橫方向, 以 L 為鋪版縱斷接縫之間隔, 依(87)式, 得求其鐵筋量。

觀察實際使用之實例, 以輕減龜裂為目的而插入之鐵筋量,

為 1.25 kg/m², 至 2.5 kg/m², 其縱橫筋之比例, 設為 $1:\frac{1}{2}$,

則成爲 0.83 kg. : 0.42 kg. 至 1.67 kg. : 0.83 kg., 與依(84)

式而算出者無大差異。再如第十節所述, 鋪版因受種種之應力,

以此等補強為目的而防止龜裂之補強鐵筋量, 考察實例, 為

3.7 kg/m² 至 5.7 kg/m², 其縱橫鐵筋之比例, 使為 $1:\frac{1}{2}$ 時,

則為 2.46 kg. : 1.24 kg. 至 3.8 kg. : 1.9 kg., 大略與依(87)

式而算出者無大差異。綜合而考察之, 若插入依(87)式而算出之

鐵筋量, 僅用於防止龜裂時, 則過於安全, 多少兼有對於彎曲應力等之補強作用。

今再列記鐵筋之使用實例如次。

依美國 1925 年發表之道路局規格，使用 1.25 kg/m^2 至 2.75 kg/m^2 。：又美國巴力斯坦 (Palestain) 地方，於一等道路，混凝土成分 1:1.5:3 或 1:2:3 時，於二層間使用 4.75 kg/m^2 ，於二等道路，使用 2.97 kg/m^2 紐約市 以 3.2 kg/m^2 為標準，依 日本東京市 鋪設之實例，為 6.4 kg/m^2 或 488 kg./m^2 之比例。

第十二節 鐵筋之排列

鐵筋之配置，對於鐵筋插入之目的，須有合理之配置。今記主要鐵筋插入目的如次。

- (1) 以第十一節所述之伸縮性龜裂防止為目的者。
- (2) 路床不安定及鋪版呈反曲狀態之際，使之抵抗因載重之通過而起之彎曲應力為目的者。
- (3) 使抵抗因載重而生之剪力 (Shear) 為目的者。

鐵筋須根據以上諸項，插入配置之，使其最有效而最經濟。

目的(1)之鐵筋配置

於交通貨物不重，路床亦較安定，僅使用伸縮性防止龜裂用鐵筋時，其配筋量少，插入於鋪版表面下 5. cm. 至 6. cm. 之處，配置版厚 $1/3$ 下。此時之鐵筋比用 $P=0.12\%$ 至 0.21% (鋪版厚 15. cm. 長約 10~15 m. 等量插入於版之縱橫方向) 之程度，使用徑約 4. mm. 乃至 5. mm. 之細圓鐵筋或補強鐵網。

目的(2)之鐵筋配置

為此目的而用之補強鐵筋量，須較第一種情形所用者為多，接縫距離假定為 10. m. 至 15. m.，鐵筋 3.7 kg/m^2 至 5.7

kg/m^3 ，分成各半二層配置於版之上下 $1/3$ 厚之處為普通。又路床特別軟弱之處，則僅於下層配置之，於力學上最為有效。

目的(3)之鐵筋配置

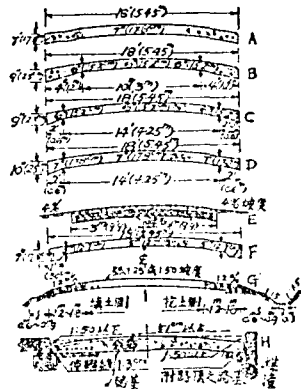
對於此項目的，設鋪版厚 15. cm.，即僅用混凝土，已屬充分，

用於鋪版縱橫方向之鐵筋配置比例，須十分考慮，依第十一節所述之計算法而決定之，雖屬無礙，一般縱斷接縫，最大約為 5.5 m. 而橫斷接縫約為 10. m. 至 15. m.，故大概以縱橫之比約 2:1 至 3:1 插入其全鐵筋量為宜。

第十三節 混凝土鋪版之橫斷形

混凝土鋪版之橫斷形，有如第五節所述之拋物線及雙曲線形，但於混凝土鋪路，則以拋物線為宜。

圖 91



橫斷形大體有三種樣式。如第 94 圖 (B)(C)(D)(E) 有於中央部較薄，兩端較厚者，如第 94 圖 (A)，有與表面平行而全體同厚者，又如第 94 圖 (H)，有於中央部較兩端厚者，第 94 圖 (B)(C)(D)(E) 等兩端較厚之形，乃為 1916 年美國混凝土道路構造會議之推獎者，其理由如第十節(1)所述。近來多採用此形。

第十四節 混凝土鋪版之鋪設法

混凝土版鋪設樣式，有一層式與二層式二種。

(1) 一層式鋪設法 於充分完成之路床上，無分基礎與表層，用單層鋪設混凝土版而完成之方式也。其材料成分，於普通礫石混凝土，為 1:1.5:3 之比，於碎石混凝土，為 1:1.7:3 之比。又依美國 1920 年中之施工實例，其成分比為 1:1.5:3 至 1:2:4，其版厚為 15. cm. 至 20. cm.。

(2) 二層式鋪設法 於路床上，分上下二層，各用不同成分之混凝土分成二層鋪設之方法，其下層可視為基礎層，上層為表層或磨滅層，上層之成分比，普通高於下層。普通下層之成分約為 1:2.5:4 至 1:3:6，上層約為 1:1.5:3 至 1:2:4。

(3) 一層式及二層式之得失 二者各有利弊。一層式，一般因其成分比相同，上層下層之強度無異，反之，二層式，上層下層之成分比不同，故其強度及水分吸收量亦異。下層因其成分比低，較上層可以吸收多量水分，故鋪版有因膨脹而生反曲之傾向。又二層式雖得多少節省水泥，但其鋪設時多費手續，兩者築造費之比例約與 1:1.3 相當。

第十五節 混合水量

混凝土用水，須新鮮清淨，不含油、酸、鹽基、有機物質，及其他有害之不純物質者為宜。又混凝土鋪道工事用水，除混合水之外，於施工後之保養(Hygiene)，亦需多量之水，故水之供給，必須充分準備，使無缺乏。混凝土用所水量，於混凝土之強度，大有關係，當其決定之際，須依混凝土之溫度及濕氣，適當加減之。水量之決定，依混凝土之使用目的，成分比之高低，原料之性質等而不同，而表示水量之多少，則有堅混法，中混法，軟混法等之名詞。然其限界，頗不明，大概稱為堅混者，其混合水量，約全材料重量之 4% 至 6%，中混約 7% 至 9%，軟混約 10% 至 13%。混凝土鋪路用混凝土，一般採用堅混法。

關於稠度試驗之方法，有塌下試驗(Sump test)、流動試驗(Flow Table Test)等。

流動試驗，以高 12.5 cm.，上部直徑 17. cm.，下部直徑 25. cm. 之圓錐筒，置於圓板上，應用偏心輪，將其圓板持上於 1.25 cm. 之高處而轉下，如是約經 15 回連續施行，混凝土因之流動而擴大，用水量愈多，則流動之程度亦愈大，其含水之程度，以原來底部之直徑 (25. cm) 與擴大底部直徑之比表示之。例如其擴大底部直徑為 30. cm. 時，

$$X = \frac{30}{25} = 1.20$$

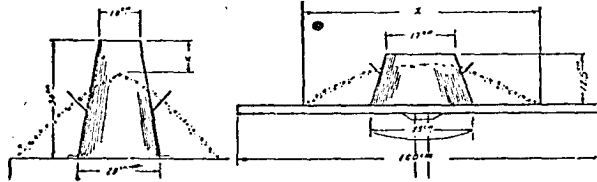
即稱為 20% 之流動。然此方法雖稍正確，而於施工場行之。

稍覺困難。鋪道用混凝土以 20% 之流動為適度。

塌 下 試 驗

流 動 試 驗

圖 95



塌下試驗，一般多採用之，其法將混凝土緊實入於高 30.cm. 上部直徑 10. cm. 下部直徑 20. cm. 之圓錐體之型中，突然將圓錐型直上拔去，而混凝土因之塌下復測其圓錐體高之低下度，以表示含水量，含水愈多，則其低下度愈大。例如稱為塌下 5 cm. 者，乃低下 5. cm. 之意義。今依鋪道及其他之構造物區別其塌下時，如第 74 表。

第 74 表

混 凝 土 之 種 類		塌 下	
		cm.	inch.
塊狀混凝土	道路及基礎	5.0	2.0
	薄垂直斷面	15.2—17.3	6.0—7.0
	厚斷面	5.1—10.2	2.0—4.0
	薄部分的水平斷面	20.4	8.0
鐵道用混凝土	人工	10.2	4.0
	機械	2.5	1.0
床版(slab)用	膠泥	5.0	2.0

第十六節 混合法

混凝土混合前之準備，視人工混合(Hand Mixing)與機械混合(Machine Mixing)而異。對於人工混合，則先準備寬約 1.5 m. 長約 3. m. 之鐵板，各材料之計量器，及鏟等，於鐵板上混合之，於小規模之混凝土工事採用之較為有利。我國多用木板，笨重不便搬運，雖石灰嵌入接縫以防水滲，然水滲仍所難免，且水分不免浸入木質之中，故混合水量，失其真確，且混合時，木板每被鏟傷，其木質混入於混凝土中，有害於混凝土，故木板實難推用者也。機械混合採用於大規模之混凝土工事，較為有利。其設備有大規模與小規模者二種。小規模者，即普通之混合機。大規模者，先搭木架，於其上置貯藏箱，以桶及升降機引上配合用各材料，適當投入於混合機之裝置也。人工混合與機械混合之混和狀態，大不相同，人工混合，混和不均一，對於強度，較機械混合有30%之差。又機械混合有連續式與不連續式混和兩種。不連續式，投入時依成分比計量各材料之一定量於混合機內，經一定之混和時間後倒出之，全材料投入後，以每秒 1. m. 之迴轉速度，最少 90 秒間以上，至全材料全體成為同色為止，迴轉混和之。此時每於一次混合之終，輕敲混合機，使混凝土落於出口下所置之手車中，使無殘餘，乃更投入次回之材料而混和之。連續式，連續由出口吐出混合材，其工作能率雖良，然於混和時間，因不能適宜加減，故未熟練時，較不連續式反映混和之均一程度。此等混合機所用之動力，有利用電氣或煤氣發動機者，各有利弊。使

用電力時，則需送電裝置等之手續，若使用發動機而不熟練時，則易生故障，於工作進行上，發生多大之影響，若在熟練時，則用發動機為便。

當混凝土混合之際，最困難者，乃其稠度，即混合用水量是也。對於此點，雖於作業之先決定之，而實際難得所需之稠度，故於施工場上，宜以塌下試驗決定之。為謀省是等手續之繁雜與求強度之均一，可使用美國發明飽水計量器(Inundator)。

由理論上所要之水量除去砂內之含水量，而混合之，雖屬合理，然此等含水量之測定，於多量之砂積，勢不可能，此飽水計量器，不必測定含水量，只加合理決定之一定水量而成之器械也。

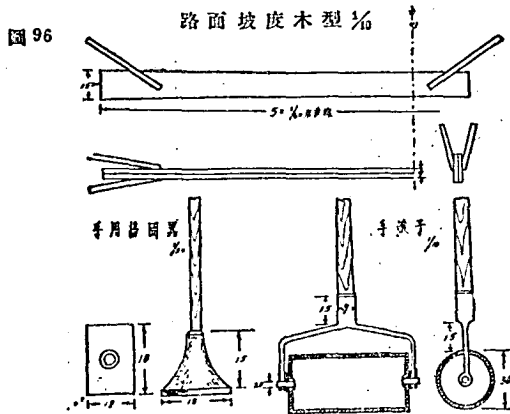
第十七節 運輸

由混合機之出口倒出之混凝土，以手車運搬之，由混合場至施工場，距離 50. m. 至 60. m. 時，可用手車，60. m. 以上時，則盛於空桶中，以木製台車 (Trolley) 運搬之為便。一般混凝土，混合後至鋪設完成間之時間，須在水泥遠硬化初點之時間以內。故運輸時非敏捷不可，特別在使用急硬劑時，尤為重要。

第十八節 搗固及表面修飾

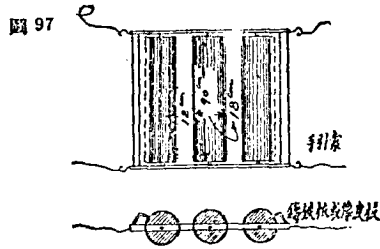
於清掃之路床上，鋪設運來之混凝土，如用二層式時，依所要求斷面形，均勻鋪設基礎混凝土，以第 96 圖所示之手槌均一順次正確搗固之，其搗固回數，約為二回，其上均勻布設上層混凝

土，更以手搗搗固，至水分浸出於表面爲止。又以橡皮管連結此手搗於空氣壓榨抗而行搗固時，其結果更爲良好。搗固之際，時時以橫斷形樣板檢驗，使合於所定之橫斷形，搗固完成後，以第 97 圖所示之手滾，充分加以輾壓，輾壓後，如表面尙有不平滑時，以 1:2 之膠泥 (Mortar) 或只用水泥稍混以水，撒布於其表面，再行輾壓。又有用如 97 圖所示之三條滾，由道路之兩端，以四條繩牽引，反復而行輾壓者。又附近路牙，及路面突出物，如人孔陰井等之處，不能使用滾子 (Roller) 時，則以木鏝之類，反復搗固完成之。現今有自動搗固器及表面完成機，較用人力搗固輾壓者，能率較良，此種之機械中，有紅木搗固器或完成器 (Lako Wood Tamper or Finisher) 奧德完成器 (Ord Finisher)，丹完成器 (Dunn Finisher) 等，美國用紅木完成器。



混凝土鋪設工作中應注意者，於長時間休憩之工作中止處，

或路面構造物之周圍，必使用瀝青之類，設置接縫，稱為構造接縫。



第十九節 鋪面之保養

鋪面完成後，須應於寒暑而施以保養之術。其保養之目的，至混凝土硬化完畢止，使其保有水分，且不凍結。此方法有種種，分述如次。

(1) 被覆保養法 此法，於混凝土鋪設後第一日中，至鋪裝面充分硬化，無瑕疵發生之程度時，以粗布覆其全面，至翌日止，使其粗布時刻保有濕氣。最近有以機械行此方法者，即卷粗布於鋼鐵製圓筒，運轉於鋪面上，隨工事之進行，延長被覆於鋪面，又隨工事之完成而捲起之。至第二日最少撒布約 5. cm. 厚之土砂於鋪面全部，或被覆 8. cm. 厚之藁，14 日間時刻使其保有濕氣。

(2) 灌水法 此法，用於礮土水泥混凝土時最良好，但縱斷坡度 2% 以上時，實行困難。此方法，乃於施工部分，使其蓄

水之方法，垂直於道路，以粘土類之材料，築造小堤，14 日間蓄水約 5. cm 之深度。

(3) 瀝青表被法 此法於表面完成經過 12 乃至 24 時間後，以瀝青材造表皮之方法也。然使用急硬水泥時，最初之 14 日間，行灌水保養，其後乃施瀝青表皮法。

(4) 鹽化鈣撒布法 此法普通於鋪面完成經過 12 至 24 時間後，撒布鹽化鈣 (Calcium chloride) 於鋪面之方法也。其法以帚均勻撒布鹽化鈣粉末於鋪面，或用撒布機 (Spreader) 撒布之，其撒布量 1.042 g/m^2 乃至 2.085 g/m^2 之範圍。

此處應注意者，大氣溫度低在華氏 40 度內外時，須應於混凝土之硬化速度，經過相當時間後施行之，乃最緊要之事，約 40 度時，須於施工後經過 36 時間施行之。

此法，得省 14 日之長時間，以土砂被覆，而續行撒水之勞力，適於水之供給不充分之處。

如斯經過 14 日，解除保養後，以長 3.04 m (10 呎) 之定規，檢驗鋪面有無凸出處，有凸出約 $6.35 \text{ m} \left(\frac{1}{4} \right)$ 以上時，以種種之方法，手工修理之。手工修理，有種種機械，有用空氣壓搾機 (Air Compressor)，以刻石用鑿切取其凸處，或以磚磨滅諸方法，但此法頗緩慢，又有於福特汽車加一垂直軸，於其下端以革帶週轉圓形硅砥 (Circular Carbo rundum)，而行磨滅之方法。

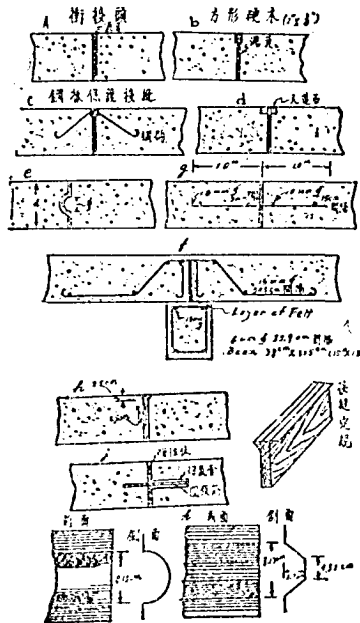
第二十節 膨脹接縫之構造

膨脹接縫之構造，有種種之型式，其普通者如第 98 圖。然於

現今，尙無完全理想者，多數人尙在繼續研究中。接縫構造之最簡單者，如第 98 圖(a)之銜頭接縫 (Butt Joint)，採用雖廣，但僅施工於硬路床上與輕載重之通過處所適用之，雖云良好，然其接縫之緣端，每爲交通物而被缺損，爲防止之，屢屢使用瀝青填充材。瀝青填充材 (Asphalt Filler)，或用液體瀝青而注入於接縫內，或插入瀝青氈 (Asphalt Felt)。注入液體瀝青時，於混凝土版施工之際，以所定之接縫定規板，塗油挾於接合部，待混凝土稍稍硬化之後，拔取之，於其間隙，充滿加熱熔融之瀝青材。又於插入瀝青氈時，於混凝土版施工之際，插挾之於接合處而完成之。茲比較二者之填充材，前者於暑天有流出之傾向，後者即瀝青氈，對於支持接合緣之強度與接縫之伸縮，充分之彈性。次爲防接縫緣之缺損，有用硬木如 (B) 圖，插入以替代瀝青者，但較混凝土軟，故其損傷之度較速。又如 (C) 圖，有使用軟鋼版 (Steel plate)，有用鋼鈎 (Anchor) 碇着者，但鋼版之部分，受載重之擊壓，支持鋼鈎部之混凝土，有速被損傷之傾向，故使用較鋼軟而富於韌性之金屬物，則屬有效，例如銅版 (Copper plate) 或非金屬之鑿素青銅 (Aluminium Bronze) 等，庶幾可也。次如 (d) 圖，於易於缺損之部分，用強韌之混凝土，緩和該部分所起不均一之損傷。次於膨脹接縫部最可憂慮者，爲接縫部之垂直動 (Vertical Movement)，此乃由於路床軟弱，載重通過之際，由上部之重量，使鋪版起少量之沉下，其時當車輛由一鋪版而移動於他鋪版之際，使接縫緣端受少量之衝擊與過大之壓力，而成爲震動之原因，以致接縫邊緣受損傷，故爲防止。如 (e) 圖之構造，使負擔

載重，得傳達於二鋪版。此構造，雖有剪斷突出四部應力之發生，但混凝土之剪力強度約 8.4 kg/cm^2 ，故尚安全也。此外有如(g)圖之構造者，(g)圖之構造，於版之一方用鐵筋時，塗以油類使不硬着。用銜頭接縫時，有如(f)圖之構造者，但此種構造，未見良好，又對於接合部緣邊之損傷，不如自初即如(h)圖而造成之，表面完全填充瀝青，其結果甚為良好。如上所述，雖有種種之構造，但於路床建築完善並得防止垂直動，及接縫緣之損傷，則以銜頭接縫，最為良好(如k圖所示)。

圖 98



第二十一節 混凝土之急硬劑

混凝土欲求其急硬，可用礬土水泥 (Alumina Cement)。然礬土水泥，產額少而價高，不適於大量使用之工事。此外有於混凝土混入鹽化鈣 (Calcium Chloride) 為急硬劑之方法，比較價廉而物美。原來普通混凝土之初期強度，繫於次列諸條件。

- (1) 成分比豐富。
- (2) 不使用過多水量。
- (3) 使用適量之鹽化鈣。
- (4) 氣溫高。
- (5) 砂及礫石之大度，而且適當之成分比。
- (6) 凝結時間適當。

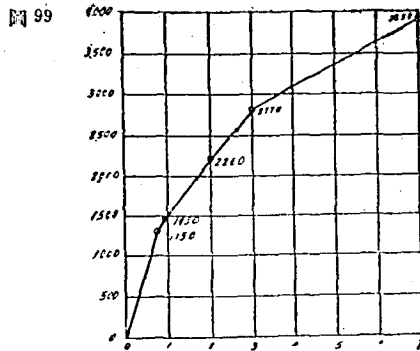
若注意完全摘用上記六項，則普通混凝土之 21 日間應發揮之強度，僅於 2 日至 3 日，即能發揮之。

鹽化鈣每入於罐中而販賣於市場，露出於空中時，則吸收空中水分而溶解，因之有密閉貯藏之必要。當使用鹽化鈣之際，應注意者，對於所定量毋過多或不足，若用之過多，則害及混凝土之強度，若不足時，則無急硬之效。又混合之際，不得開罐即直接投於混合機內，若混凝土中有未溶解之塊殘留時，顯著低下混凝土之質，故使用之際先造成標準溶液 (Standard Solution)，然後投入於機內為宜。所謂標準溶液者，溶解鹽化鈣 453.6 gr. (1.0 Pound) 於水，使其容積為 0.94 Liter 者是也，其用量以此 0.94 Liter 之標準溶液為單位量 1，則對於 42.6 kg (94.0 斤)

之水泥，採用標準溶液 2 之比例，其混合方法，以混合機混合之際，先混合標準溶液於注加水中，然後混合之。

此處應注意者，若混合此鹽化鈣溶液，則混凝土混合所要水量，發生過多，不得不稍減少之，所減之量，依實驗結果，每水泥 42.6 kg. 約 7.2 Liter 至 18.0 Liter。

混合機之混合時間，普通雖為 60 秒以上，但硬混時，若混合 90 秒，則得增加 10% 之強度，若欲得最大之強度，則需 120 秒以上。第 99 圖，乃 1928 年美國之賓夕法尼亞州鋪設之混凝土試驗成績，以圖表表示者也。



但其成分為 1:2:3，混合時間 90 秒，混合水量，每水泥 42.6 kg/.，19.8 Liter，鹽化鈣，每水泥 42.6 kg. 混合 90.7g. (2 井)，塌下試驗為 7.62 cm. (3 吋)，初日之平均溫度，為華氏 65 度。

又以上記條件之混凝土，於鋪道上實地試驗，施工後第 18 時間，雖以 14 噸貨物汽車疾馳於其上，亦無損傷。

第 75 表乃更詳細記載之實驗成績也。

第 75 表

交通通 過日數	人造水泥 42.6kg/袋	砂 徑0.1— 6.35mm	礫石 徑12.7— 63.5mm	鹽化鈣 標準溶液	場 下 Slump	混凝土每 m ³ 水 泥 量
日	袋	m ³	m ³	標準溶 液單位	cm	42.6 kg/袋
2	1	0.0141685	0.053102	2	2.54	15.34
3	1	0.0169901	0.059465	2	2.54	14.56
5	1	0.0233170	0.076455	2	3.81	10.92
12	1	0.0318620	0.034951	2	3.81	9.88
15	1	0.0566340	0.034951	2	3.81	8.84
21	1	0.0566340	0.084951	—	6.35	8.84

一般鹽化鈣之混含量，以水泥重量之 2% 為適當。

第二十二節 路牙及側溝

於市街道路及有車道步道之別之鋪道，應設置路牙 (Curb)。鋪道路牙，雖有使用石材者，而以混凝土築造為宜。第 100 圖，其一例也。又於鄉間道路等，則如第 101 圖，不設路牙，如礫石道築造路肩部，直接排水於側溝者多。混凝土路牙，與鋪版連續築造者，稱為一體路牙，經濟之施工法也。混凝土路牙，不如花崗石之硬，故其緣稜每生缺損，故如第 100 圖所示，於施工之際，附加鐵棒於隅緣之處，以保護之。

圖 100

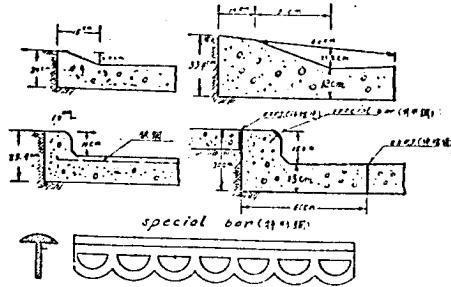
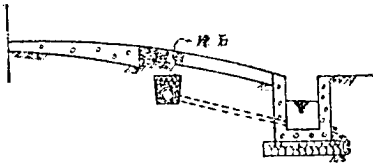


圖 101



第二十三節 保養及修繕

混凝土版鋪道之破損，其主因由於龜裂，接縫部之破損，及地下埋設物之修理等而發生，由以上之理由而致路面破損時，則非修理不可，施工完全之鋪道，其修繕費極少。此等鋪道之維持及修繕，於龜裂及接縫部，完全以柏油(Tar)或瀝青(Asphalt)填充之，其破損之處，則除去其破片，修理其路床，待其成充分乾燥狀態後，垂直於破損處之周圍，丁甯以石鑿掘取之，於其兩緣，附以圓形，使成純潔之斷面。又鋪版生放射狀之龜裂而破損時，為使龜裂不致延長，較龜裂先端，切取稍長為宜。又對於長大之龜裂亦然。而於上記破損掘整之處，以舊鋪版稍厚，表面與舊鋪面

同高，以同成分之混凝土填充之而行充分之搗固及表面之修飾，此時，宜用急硬性之水泥或加急硬劑於普通混凝土，應努力防止長期之交通遮斷。

於龜裂及接縫部之狹處，則注入柏油或瀝青，稱此工作為補綴作業。瀝青材注入之際，準備柏油用手提小釜，其容積最小能容 1.36kg. 者，滿盛柏油，手提用注入器數個，帚數把，及適量之砂，削取龜裂處，滿注柏油，於其上更撒布砂層。此法，外觀上雖不良，然得省去繁雜之手續，簡單施行修理工事。

鋪面起 2. cm 之凹處時，以撒布機撒布灼熱熔融之瀝青材，於其面更均勻撒布厚約 0.9 cm 至 1.3 cm 之砂或碎石屑，輕輕滾壓，以造成瀝青層。然此方法，有時不完全附着於鋪面者，故不甚良好。

第二十四節 混凝土鋪道之得失

混凝土鋪道之得點如次。

- (1) 材料之蒐集容易，築造簡單，故初次工費 (First Cost) 低廉。
- (2) 路面之磨損少，強度大，適於重車輛之運行。
- (3) 路面平滑，踏足穩適，無噪音，不吸水分及熱，不生塵埃，故適於衛生。
- (4) 維持，修繕，掃除之費用少。
- (5) 牽引抵抗小，汽車之汽油消費量小。
- (6) 外觀良好。

(7) 舊路面，得轉用爲其鋪面之基礎。

此鋪道之短處如次。

- (1) 雖有伸縮接縫，仍難免多少之龜裂。
- (2) 施工後，於一定日數之養生期間，不免遮斷交通。

第二十五節 矽酸硬性水泥混凝土鋪道

第一、總說

矽酸硬性水泥 (Solidit Concrete)，乃 1907 年意大利人欽里 (G. Chini) 氏所發明，現今，各國加以改良，而得其特許之權。矽酸硬性水泥，與普通水泥相似，普通水泥，酸化石灰 (Lime Oxide) 之含有率多，矽酸 (Silicic Acid) 之量少，反於此，矽酸硬性水泥之可溶性矽酸 (Solubility Silicic Acid) 之含有量多，其抵抗力之大，到底非普通水泥之所能及者也。

關於矽酸硬性水泥之耐壓強度 (Compressive Strength)，依意大利 Tarino 市王立工藝學院實驗室之試驗報告，爲 880 kg/cm^2 。有普通水泥之四倍餘。

第二、矽酸硬性水泥之得失

矽酸硬性水泥之得點如次。

- (a) 用於鐵筋混凝土鋪路時。
 - (1) 對於溫度之膨脹率，與鐵筋一致，強度隨時日之經過而增大，故得保證安全率。
 - (2) 膠著力大，富於彈性。
 - (3) 對於水分滲透之抵抗力大，故得造不滲透性之路面。

(4) 矽酸硬性水泥混凝土，較普通水泥混凝土輕，故得減少鋪面中央部反向上方時因自重而生之彎曲應力。

(b) 在一般鋪道時。

- (1) 對於耐壓強度及磨滅，具有最大之抵抗能力。
- (2) 車輛之牽引抵抗少。
- (3) 無膨脹接縫之必要。
- (4) 築造費及維持費較少。
- (5) 得輕減龜裂之度。

第三、矽酸硬性水泥之試驗成績

(1) 耐張強度

耐張強度，比普通水泥膠泥大，由第 76 表之試驗成績，得以知之。

第 76 表

種別 時間	意大利矽酸水泥	日本矽酸水泥	日本小野田水泥
1 星期耐伸力	18 kg./□cm.	24 kg./□cm.	10 kg./□cm.
4 星期耐伸力	23 ,,	31 ,,	14 ,,
8 星期耐伸力	28 ,,	33 ,,	16 ,,

但矽酸硬性水泥膠泥之配合比，為重量 1:3。

普通水泥膠泥之配合比為 1:3。

(2) 耐壓強度

耐壓強度比普通水泥膠泥大，由第 77 表得以知之。

第 77 表

種別 時間	意大利矽酸水泥	日本矽酸水泥	普通水泥膠泥
4 星期之耐壓力	149 kg./□cm.	220 kg./□cm.	—
8 星期之耐壓力	165 ,,	240 ,,	—
3 個月之耐壓力	—	—	100 kg./□cm.

但配合矽酸硬性水泥膠泥之重量比為 1:3。

普通水泥膠泥為 1:3。

(3) 磨滅強度

以矽酸硬性水泥及普通水泥造成膠石，而試驗其磨滅度之結果如次。

於矽酸硬性水泥中，混入 9.091 mm (3 分) 大之花崗石，填充於表面積 50. sq. cm. 之普通耐壓強試驗型中，表裏各 150 回打壓之，造成試驗片，又同樣造成普通水泥之試驗片，經過 28 日後，於阿姆斯特拉試驗器，以 20. kg. 之重量加壓之，經 500. meter 之行程，使其磨滅後，其結果普通水泥與花崗石 (9.091 mm. 大) 之製品……磨滅 10.0 mm.。矽酸硬性水泥與花崗石 (9.091 mm. 大) 之製品……磨滅 8.0 mm.。

(4) 膨脹性龜裂

對於此點，以普通水泥膨脹性龜裂試驗法試驗之，亦無何等之異狀。

(5) 比重

比重 2.9 內外，較普通水泥約輕 10%。

第四、矽酸硬性水泥混凝土鋪路築造法

1. 總說

矽酸硬性水泥混凝土鋪路之構造，與普通水泥混凝土鋪路同樣，有版鋪路 (Plank Pavement) 與塊鋪路 (Block Pavement) 二種，塊鋪路與後節所述之普通水泥混凝土塊鋪路同樣，茲不贅述。

2. 路床與基礎

(a) 路床與基礎之築造

對於路床，如於普通混凝土鋪道所述，須注意其排水，掘取所定深度，填以礫石，附以規定坡度，用輾壓機反覆完成之。

(b) 基礎混凝土

雖如上述，築造橫斷坡度約 1:30 乃至 1:50 之基礎，但於特殊之情形，上項基礎上，更均勻敷設成分 1:3:6 之普通混凝土約 6. cm 乃至 7.5 cm.，而搗固經 6 時或 12 時間後，稍俟凝結，再行鋪設表層之矽酸硬性水泥混凝土。

3. 矽酸硬性水泥混凝土之成分及混合

矽酸硬性水泥混凝土，乃以清水混合矽酸硬性水泥與花崗石之碎石而成者，碎石於使用前，必先洗滌，使其清潔。其成分及碎石之大度，依鋪裝之種類而不同。

(a) 成分

矽酸硬性水泥混凝土之成分，依路床之良窳，通過載重之輕重，交通量之大小，及鋪版厚度而不同，碎石之大度，亦依鋪版之厚度，成分比之高低，鋪面之完成等而異。

例如交通量多，路床不良，即磨滅度高，基礎不完全時，每碎石 1.0 cub. m. 中，用 1000 kg. 以上之矽酸硬性水泥，於普通道路，則配矽酸硬性水泥約 700 kg. 乃至 800 kg. 已充分也。又碎石之大度，鋪版較厚，成分比高時，則得使用徑約 0.9 cm. (3分)至 2.4 cm (8分)之大。而混凝土 1.0 cub. m. 中，應使用之矽酸硬性水泥為 700. kg. 至 1000 kg. 碎石（花崗石）為 1.0 cub. m. 之比例。

以容積比表示之，凡矽性水泥 1.0，碎石為 1.7 乃至 1.2 之比例。

(b) 混合水量

關於水量，如前所述，為矽酸硬性水泥之重量之 25% 乃至 30%，以容積比表示之，每矽酸硬性水泥 1.0 cub. m.，用水 0.3 cub. m. 至 0.35 cub. m.。然而上記水量，又因施工時之寒暑，乾濕，及碎石之濕度等之關係而不同，溫度低而潤濕時，或碎石之濕度大時，則可稍減其水量，反之則多少增加之。

(c) 混凝土之混合

混凝土之混合，以機械行之，充分延長其混合時間為最切要之事，混合愈完全，則愈增加其強度。而注水之際，以徐徐加入為可。

4. 鋪設

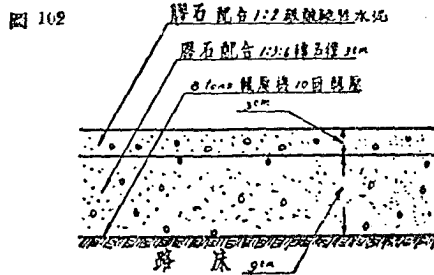
(a) 鋪設之厚度

鋪裝厚度之決定，視交通量及通過載重之大小而異，普通表面鋪裝矽酸硬性水泥混凝土之部分約為 6.5 cm 至 8. cm，普

通混凝土基礎約為 8. cm 乃至 18. cm, 之厚度。

(b) 表面完成

表面使用壓榨空氣搗固機充分搗固，至表面有水分滲出之程度，然後以重量 500. kg. 之手滾子(Hand Roller) 輾壓完成之，12 乃至 24 時間經過後，以砂被覆其路面，10 日間使其時刻保有濕氣，而行保養之後，乃得開放交通。



第二十六節 膠石鋪路

第一、總說

膠石乃日本內務省土木試驗所創造之混凝土，與普通混凝土不同，不使用砂，只混合水泥與碎石之特種混凝土，故一名砂拔混凝土。

此混凝土之骨材即碎石，使用花崗岩，安山岩及其他之硬岩碎成之，此碎石之大度，依日本仙台市國道及縣道鋪設之實例，僅用 0.91 cm. 以上 1.81 cm. 以下者。膠石較普通之混凝土，其抗壓強度(Compressive Strength)抗曲強度(Bending Strength)

俱大，又磨滅抵抗亦較高，鐵輪車輛通行頻繁之處，較普通混凝土，結果良好。其工費，比其他鋪道亦廉。我國鐵輪木輪車輛通行較多，產砂較少之處，似可採用之。

第二、材料之配合及混合

膠石之成分，約為 1:1 或 1:2，日本仙台市鋪設者，採用 1:2 之成分。此項膠石混合水量，於可能範圍內，採用堅混，水量比為水泥重量之 2% 乃至 3%，碎石以清淨乾燥而不含石粉者為可。碎石混合之際，絕對禁止人工混合，須使用混合機混合之，投入依重量而計量之水泥及依容積計量之碎石於機內，不注入水，6 回乃至 7 回迴轉之後，然後注水，最少 1.5 分至 3.0 分間，以每秒 1.0 m，之迴轉速度混和之。否則因注水量少而生不均一之混合物。

第三、構造及築造法

此鋪道與普通混凝土鋪路同，若採用二層式時，則於 1:3:6 乃至 1:2.5:5 之普通混凝土基礎上，即刻鋪設膠石。基礎之厚約為 10. cm. 乃至 13. cm.，膠石層之厚約為 5. cm. 乃至 8. cm.。日本仙台市鋪設者，其基礎厚為 8.2 cm. (配合 1:3:6)，膠石層厚為 4.9 cm (配合 1:2)，對於路寬 7.3 m，於中央不設接縫，而沿路牙設置之，插入瀝青氈 (Asphalt Felt)。然而實際上，全厚 13.2 cm 實不足，必須 15. cm. 以上。

其他接縫距離及接縫構造等，與普通混凝土鋪路同樣，但於膠石層之搗固，人工搗固，殆不適當，宜使用自動搗固器 (Pneumatic Rammer) 或自動搗固機。日本仙台市鋪設之橫斷面，採用

美國標準形，兩緣端較中央厚。又其他洒水保養法，維持修繕等，亦與普通混凝土鋪路同。

第二十七節 震壓混凝土鋪道

第一、總說

此法，乃為美國士達布斯達拉斯(R. C. Stubbs Dallas)氏所發明之特殊方法也。混凝土鋪路之大部分，依搗固而於表面滲出膠泥，因之其表面磨滅較多，以輕減表面磨滅為目的，於軟混凝土鋪面，撒布薄層碎石，其上置木製厚板，木板上置特殊之瓦斯機關，漸次加以震動與重量，壓入碎石於混凝土版中，然後與普通混凝土鋪版同樣完成之。依此工法而鋪設時，鋪面之密度極大，同時過多之水，被抽出於表面。

第二、震壓混凝土之施工法及骨材

(a) 骨材

此工法使用之表面撒布用碎石，以花崗岩，玄武岩或角閃石等之硬質岩碎成之，富於稜角而不含扁平細長者為可。其大度以通過 6.5 cm. 眼篩而殘留於 2.5 cm. 眼篩者為良。

(b) 碎石撒布量

此撒布量，依混凝土版之厚度而不同，其標準撒布量，鋪版厚 15. cm. 時，為 $0.0154 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 版厚 18. cm. 時，為 $0.0167 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ，版厚 20. cm. 時，為 $0.0182 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

(c) 施工

與普通混凝土鋪路同樣完成之軟鋪面上，均勻撒布所定之

碎石量，其上置 $3.65\text{ m} \times 0.4\text{ m}$ 之木製厚板，更於板上置總重量 1600 kg 之瓦斯機關，(徑 15 cm 之車輪前後四輪)，與以每分 1500 乃至 2000 回之震動，同時以人力於板上前後移動之，使表面碎石壓入於混凝土內。

第三、震壓混凝土之特徵

混凝土之密度大，得輕減表面之磨滅及龜裂，施工後約十日，得開放交通。

第二十八節 混凝土塊鋪路

第一、總說

混凝土塊鋪路 (Concrete Block Pavement)，多用於步道，位在磚鋪路 (Brick Pavement) 之次。

其構造大要，將舊地盤，輾壓結實使成平坦，普通於砂褥 (Sand Cushion) 上，鋪設混凝土塊，於接縫處，填充砂 (Sand)，膠泥 (Mortar)，或瀝青材 (Asphalt or Tar)。此種鋪裝，施工簡單，無須熟練工人，採用於交通頻繁之處結果良好。參照第 103 圖。

第二、混凝土塊

混凝土塊，用普通混凝土或矽酸硬性水泥混凝土製造之。其大度約為 29.845 cm (9.85 寸) \times 29.845 cm (9.85 寸) \times 7.575 cm (2.5 寸) 或 29.845 cm \times 29.845 cm \times 4.545 (1.5 寸)，其厚者，用於交通量較多之處，薄者於普通都用之。每 1.0 Sq. m 需十一塊。此項混凝土成分為 1:2:4，其製作時之混合水量，以塌下試驗 5.0 cm 以下為良。現今有新式自動塊裝

作機 (Automatic Block Making Machine), 若使用此項機械, 頗省手續, 每分間約有 22 個之能率。

第三、接縫材

接縫材, 與磚鋪路之情形相同, 有砂接縫 (Sand Joint), 瀝青接縫 (Asphalt Joint), 膠泥接縫 (Mortar Joint) 等, 於步道, 雖多採用砂接縫, 但用瀝青接縫時, 得顯著輕減塊之角隅因交通而受之破損。瀝青接縫, 加熱溶解柏油 (Tar) 或瀝青 (Asphalt) 而注入於間隙者也。

第四、築造法

路床, 均勻敷布舊路面之篩別土或礫石混合土等, 以半噸以上之手滾子 5 回以上輾壓之, 於 L 形下水溝之方向, 附以橫斷坡度 1/40 至 1/60 之直線坡度, 完成之使無不整而有均一之強度。

其次用砂褥厚為 3.03 cm., 以粗眼篩篩砂落下於路床上, 均勻撒布之為 3.03 cm. 厚, 但絕不可用鏟等。如斯完成之砂褥, 使不致受足踏, 另搭木板, 工人即立於其上, 依所牽絲線, 垂直於路牙, 或與路牙成 45° 度角之方向, 丁寧並列混凝土塊, 各塊間之間隔即接縫使之為 0.455 cm.。然後以重木槌, 逐塊搗固之, 或以重手滾子輾壓之。

次更撒布充分乾燥之砂於塊面, 以粗帚掃入於接縫內, 更以細金屬棒丁寧搗入於接縫, 使滿填而無空隙, 若用瀝青接縫時, 則先加熱溶解瀝青材, 其溫度, 於瀝青為 350° F 至 450° F, 於柏油為 300° F. 至 350° F.。盛瀝青材於手提罐, 以杓取出

注入於接縫中，或通過圓錐形之尖端出口而注入之。注入時，經一回或二回而施行之，使之充滿於各縫之中。

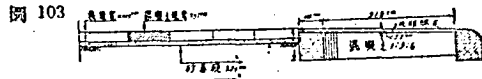
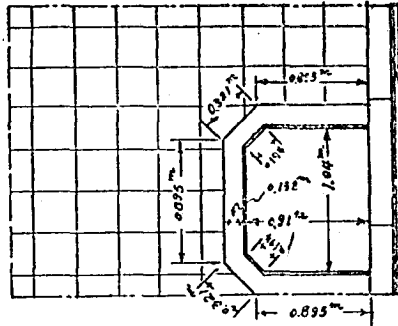
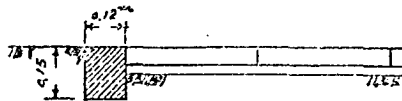


圖 103 混凝土塊鋪裝及街路植樹地構造圖

平面圖



圖石設置



第二十九節 混凝土步道之溜滑及反射之防止法

第一、滑走度緩和法

以水泥成分豐富之混凝土及平滑之鋤 (Trowel) 或滾子完成鋪道之上層時，則易於滑走。採用一層式時，其表面砂之成分

量較多，若更使用木鋤時，則無論於如何天候，因可得粗面，故得絕對防止滑走。又以壓榨空氣，噴砂於表面而完成之，或於鋪面造成微窩，亦可防滑走之虞。然於急坡路，及極寒之結冰季，因欲其踏足穩適，更望其有粗面。其方法，多用粗面滾子滾壓完成之。

第二、光線反射防止法

步道面之反射光線，其起因主於混凝土之色彩為薄鼠色。若能造成近似黑色時，則得減少其反射之度。其最初之手段，鋪裝後最少七日間，有不絕使其保有濕氣之必要。第二法則使用黑色砂及礫石。又此外於混凝土有使用礦物質染料者。此中以使用褐色酸化鐵 (Brown Coloured Iron Oxide)，最為良好。其使用分量，每 42.6 kg. 之水泥，約混合 907 g. (2 卅) 至 1361 g. (3 卅) 之褐色酸化鐵時，則呈適意之薄黃色。又與前同量使用酸化錳 (Manganese Oxide) 時，則呈如石版石 (Slate) 之薄黑色，適於商業地域之步道用。

第二十五章 磚鋪路

第一節 總說

磚鋪路，乃為塊鋪路 (Block Pavement) 之一種，鋪道用磚，與普通建築用磚不同，須磨滅與吸水度俱小，耐壓力強而質地堅牢者為良。現今，鋪道用磚，造成強度大而形狀適當者，販賣於市場。磚鋪路，雖可於步道 (Side Walk) 及車道 (Road Way) 俱用，尤其適用於步道。此種鋪道，牽引抵抗小，馬之踏足穩適，且少生騷音及塵埃，於交通頻繁之處，敷設及修繕俱較容易，恆較木道及石道為優，且適於一切之坡度，對於目力亦屬相宜。其缺點，因其性缺均一，硬度不勻，因之磨滅之度亦不同，故用作鋪面易生凹凸，又若混入柔軟多孔之磚，易蒙霜害，致路面發生凹凸。一般價格又高，是其缺點。

第二節 磚之種類

磚，依其製造法，形狀及其性質等而異，依製造法而區別者，有再壓磚 (Repressed Brick) 與線切磚 (Wire Cut lug Brick)。第 104 圖(c)，乃再壓磚，(a)與 (c)，乃線切磚之一例也。又依其形狀，有如(b)至(e)之溝磚 (Grooved Paving Brick)。此等鋪磚，依其鋪設地而選定其適當者用之。例如如 (e) 圖之具有深溝之磚，使用於急坡路，踏足不穩而有滑走之虞之處。又交通不繁之處，普通使用硬質過燒磚。又有如(a)圖之於表面有淺槽之波形

磚 (Corrugate Brick), 主用於急坡度之步道。線切磚, 其線切面粗, 與膠泥及瀝青材之附着甚良好。

圖 104

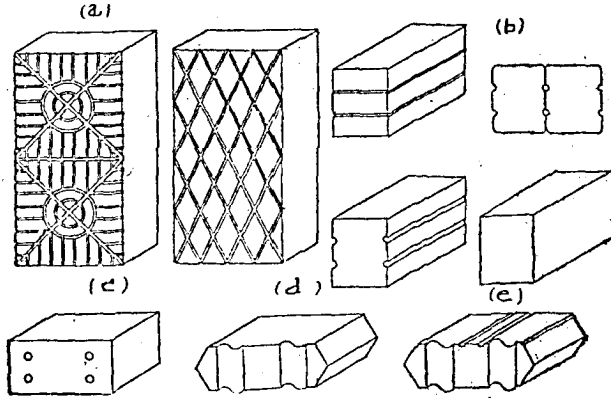


圖 105

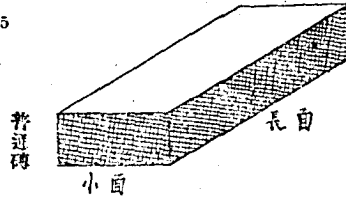
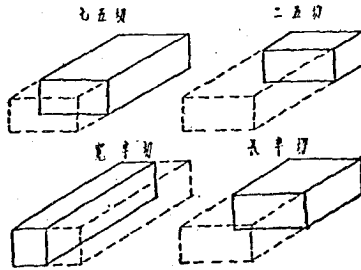


圖 106



鋪道用磚之大度，依地方及國別而不同，其尺寸大略如次。

第78表 鋪道磚(普通用磚)

國 名	長	寬	厚
美國形	9吋(228.60 mm.)	4吋(101.60 mm.)	3吋(76.20 mm.)
，，	12吋(304.80 mm.)	5吋(127.00 mm.)	4吋(101.60 mm.)
英國形	8吋(203.20 mm.)	4 $\frac{1}{2}$ 吋(114.30 mm.)	3吋(76.20 mm.)
日本形	6.8寸(224.40 mm.)	2.5寸(82.60 mm.)	3.0寸(99.00 mm.)
，，	8 $\frac{1}{2}$ 吋(215.90 mm.)	4 $\frac{3}{4}$ 吋(120.65 mm.)	3 $\frac{1}{4}$ 吋(82.55 mm.)

普通用磚，如第105圖所示，有長面(Strechoer)與小面(Header)等之名稱。施工之際，有如第106圖所示，切斷其一枚而使用者。此項切斷之磚，亦有種種之名稱，依其切法，稱為長半切，寬半切，七五切，二五切等。

第三節 鋪道用磚之試驗及其必要條件

第一、 必須要件

善良鋪道用磚，大體必具次列各成分。

砂酸	56%
礬土	22.5%
鎔劑	13%
揮發性物質	8.5%

鋪道用磚之必須要件如次。

(a) 對於磨滅有抵抗。

- (b) 有充分之耐壓力。
- (c) 富於韌性。
- (d) 強度均一。
- (e) 對於風化作用有抵抗。
- (f) 形正無歪。
- (g) 有一樣之色彩。
- (h) 水分之吸收度少。

第二、鋪道用磚之試驗

鋪道用磚之試驗方法，有機械試驗法 (Mechanical Test) 及依外觀音響等而判別之外觀試驗法 (External Test.)。

1. 磨滅試驗

使用磨滅試驗機而試驗之。本機為內徑 508 mm. 之圓筒，以鑄鐵製磨滅丸及普通大度而嚴密稱重之磚 10 個混合封入於此圓筒內，1 分間 30 回之迴轉速度迴轉之，1 時間後，稱其磨滅減量與原來之磚相比較，以其重量百分率決定材質。

磨滅丸，有大度相異之二種，其大者，新時直徑為 95.25 mm (3 $\frac{3}{4}$ 吋) 重量約 3.4 kg (7.5 卍)，計用 10 個，重量 3.2 kg (7.0 卍) 以下者，不得使用之。其小者，直徑為 47.6 mm. (1 $\frac{7}{8}$ 吋) 重量 0.43 kg (0.95 卍)，較此輕者，不得使用。大小磨滅丸之共計重量，近於 136.03 kg (300 卍) 者為適當。如斯以第 107 圖所示之試驗機而測定之鋪道用磚之磨滅減量之標準限界如次。

交通頻繁之道路

20 乃至 24%

交通量中和之道路	22 乃至 26%
交通閑散之道路	25 乃至 28%

2. 吸水試驗

吸水度試驗法，先使磚乾燥，至其重量無增減之程度，此充分乾燥磚之重量，設為W，浸於清淨淡水中48時間後，其重量使為W₁，則磚之吸水率(%)，得由次式求之。

$$\frac{W_1 - W}{W} \times 100 = \text{吸水率}(\%)$$

磚之吸水率，依日本東京市磚鋪路工事規格，規定為2.5%以下。

鋪道磚之耐壓力，最大約47 kg/cm²，較混凝土等為小。

外觀試驗，就次列諸事項而檢查之。第一形正，第二色彩黑褐色而有光澤，如斯，其強度恆較大。第三色彩及光澤勻一，如斯，因其燒工勻淨，故其強度亦勻一。第四以小錘扣之而發近似之金屬音響，如斯，大概堅硬而強度大。

又於美國，嘗於各種鋪裝實驗其磨滅之度，其結果如次。

鋪裝種類	成績點數
鋪石路	10.00
鋪木路	8.00
片瀝青	7.50
磚鋪路	6.00

第四節 最大許可坡度

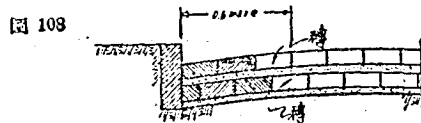
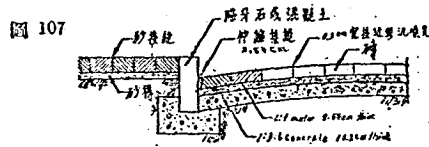
此種鋪道，雖云殆可適於一切之坡度，但依接縫填充材及磚

之種類，而稍有不同，美國土木協會，於瀝青填縫接充材之鋪面，以 12% 為最大，於膠泥填充材之鋪面，以 6% 為最大。然普通使用膠泥接縫材時，其縱斷坡度約為 5% 至 6%，以上於 10% 至 12% 之坡度，則使用溝磚。但於實際，使用溝磚，雖達 15% 至 18% 之大坡度，亦可得滿足之結果。

第五節 磚鋪路之構造

第一、構造大要

磚鋪路，普通鋪設於混凝土基礎上，但交通閒散之處，於馬克達基礎，礫石基礎，地盤良好之處，則有略施加工而鋪設者。



故磚鋪路之路床，依鋪設等厚之磚，附以規定之橫斷坡度，施行充分排水，而輾壓完成之，或完成水平路床，而於混凝土基礎，附以規定之橫斷坡度。而路床有相當之耐力時，普通則路床與表面平行而完成之。此種鋪道之橫斷形，普通採用雙曲線。

第二、磚鋪路之基礎

(a) 碎石及礫石基礎

以舊碎石路或礫石路為基礎時，因其表面所生之凹凸或其橫斷坡度較大，故欲完成為磚鋪路基礎所定之橫斷坡度時，先以掘起機一旦掘起路面，依所定坡度均勻敷布後，使用約十噸之重碾壓機碾壓完成之。基礎之厚度，上部載重，由磚傳達，分布於基礎層，而作用於路床之單位應力，使在路床之安全支持力以內之程度而決定之。其分布角度，假定為 45 度，使

d = 基礎之厚度 (cm)

q = 輪載重 (kg.)

α = 載重分布角度

b = 應壓面積之寬度 (cm)

l = 應壓面積之長 (cm)

p = 路床之安全支持力 (kg/m^2)

A = 分布面積 (m^2)

則 $\frac{q}{A} \leq p$ (88)

$A = (b + 2 \tan \alpha d)(1 + 2 \tan \alpha d)$ (89)

$\tan \alpha = \tan 45^\circ = 1$

$\therefore A = (b + 2d)(1 + 2d)$ (90)

即假定 d ，以(90)式求 A ，而能滿足於(88)式之 d 值而決定之。

[例解]

假定路床安全支持力為 $19,530 \text{ kg}/\text{m}^2$ (4000 井/口')，8 噸貨物汽車之後一輪載重 3000 kg. 載於單層磚之厚度上，求

碎石層之厚度 d 。但磚厚為 0.08 m ，長 0.2 m ， $\alpha = 45^\circ$ ，
依(90)式假定 $d = 0.2\text{ m}$ ，而求 A 。

$$A = (0.08 + 2 \times 0.2)(0.2 + 2 \times 0.2) \doteq 0.288$$

$$\text{依(88)式 } \frac{3000}{0.288} < 19530$$

故普通碎石層之路床，使用 18 cm 至 20 cm 之厚即足。

(b) 混凝土基礎

混凝土基礎厚之決定，與混凝土鋪路之情形，大同小異。混凝土基礎不如混凝土鋪路之載重直接通過於混凝土面。因之無考慮磨滅之必要，又日光之直射，溫度之變化亦少，故較混凝土鋪路可緩和其許可強度及載重之採取法等。由此思之，即於有相當交通量之處，約厚 15 cm ，亦屬充分也。普通混凝土基礎，約 10 cm ，至 15 cm 者多。又其築造方法，與混凝土鋪路一層式者同。其保養法，於鋪設後，若非使用急硬劑時，須經過 10 日以上，普通避去日光之直射，而行洒水保養，乃最緊要之事。

第六節 磚鋪路之路褥

路褥(Cushion)又稱褥層(Bedding Course)，乃均勻敷布於基礎上之砂(Sand)，水泥砂(Cement Sand)之乾燥或濕潤狀態之混合物，膠泥(Mortar)，瀝青砂(Asphalt Sand)等之薄層，其目的雖有種種，而其大要，乃調節基礎之少量不平，及磚之厚薄，稍有不整，以求鋪面之整齊。其材料，有砂褥(Sand Cushion)，膠泥褥(Mortar Cushion)，瀝青砂褥(Asphalt Sand Cushion)，水泥

砂褥 (Cement Sand Cushion) 等名稱，此等視所用材料之不同，各有利害得失。

(1) 砂褥 砂褥用砂，以不含土壤及植物質之細粒者為宜，宜使用乾燥而不含濕氣者。否則於砂之容積發生變化。砂須用鏟一樣均勻撒布於已完成之基礎上。此時一樣厚度之均勻撒布，頗屬困難，對於此點，可先造成正確斷面形之型，依此充分均等撒布之。路褥於可能範圍內，以薄為宜，普通均勻撒布 5 cm. 之厚度，以長 76 cm. (30 吋) 徑 61 cm. (24 吋) 之手滾子輾壓之為 $13 \text{ cm.} \left(\frac{1}{2} \text{ 吋} \right)$ 厚。又路褥之厚，由 5 cm. 而漸減為 3.8 cm. $\left(1 \frac{1}{2} \text{ 吋} \right)$, 2.5 cm. (1 吋), 1.9 cm. $\left(\frac{3}{4} \text{ 吋} \right)$ 等，但於現今有採用薄者之傾向。

(2) 水泥砂褥 充分混和 1:3 或 1:4 砂與水泥而為路褥者。此時有使用完全乾燥者，與防水泥之飛散，使多少含有濕氣者之二法。若於砂內使多少含有濕氣而混以水泥時，則屬於後法。路褥普通約厚 2.5 cm. (1 吋) 乃至 3.8 cm. $\left(1 \frac{1}{2} \text{ 吋} \right)$ ，以不過厚為宜。待基礎相當硬化後，掃除基礎面，與砂之撒布之方法同樣，均一撒布水泥砂約 2.5 cm. 厚，以手滾子輾壓之，再於其上鋪設磚塊。茲試比較上述之二法，後者比於前者，稍含濕氣，防止水泥之飛散，對於處分及混合俱便，其特別良好之點，在磚塊鋪設後，行輾壓，於接縫處注入膠泥，其水分能滲透於磚之底部，使路褥與磚之硬化成為有效。反此若用乾燥狀態之水泥砂，於接

縫處注入膠泥時，依水量之多少，或不能滲透於底部，或水泥由膠泥分出而被流去，以致不能得完全之膠泥。如此之構造法，稱為半一體磚鋪路 (Semi Monolithic Brick Pavement)。

(3) 膠泥磚 混凝土基礎敷設後，其硬化未開始以前，以硬混之 1:3 至 1:4 之膠泥，均勻撒布於清潔掃除之基礎上，其厚約 1.5 cm.，以手滾子充分輾壓完成之，於膠泥未開始硬化以前，鋪設磚，使基礎與磚如為一體，由接縫部注入膠泥。此式因基礎與磚成為一體，故稱為一體磚鋪路，(Monolithic brick Pavement)。此法於短時間須完成之關係上，須多數之手續，同時工作之進行，比較不良，然比於(2)之方法，其工作時，加以特別注意，可得更大之強度。

第七節 磚之排列方式

磚之排列方式，依磚之形狀，車道及步道，坦路及坡路，街路之交叉等之關係，有種種之樣式。

於普通坦路之排列方法，長面垂直於路牙，前列二塊間之接縫，使約在後列長面之中央，即前列之磚長與後列之磚長，使生約 $\frac{1}{2}$ 之相差。如第 107 圖而排列之，此法多用於車道之鋪設。如於步道或公園道載重不通過之處，則有如第 109 圖 c 之斜鯊骨狀 (Diagonal herring-bone System)，或如第 109 圖 a 之縱方向之鯊骨狀 (Longitudinal Herring-bone System)，或如第 109 圖 b 以長面縱橫各二枚組合之而成為層狀 (Block-in-Course System) 等之排列法。是等鋪道之磚可較薄，磚皆平鋪，故其數量

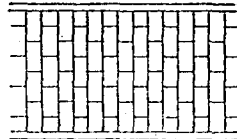
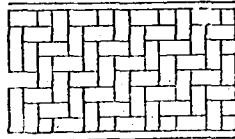
較車道之立用者少。

於街路之交叉處 (Crossing or Intersection), 其排列法有如第 110 圖 c, 對於道路中心或 45 度角之複斜式 (Double diagonal System), 又如第 110 圖 a 之單斜式 (Single diagonal System), 或如第 110 圖 b 之鯽骨狀式 (Herring-bone System) 等之樣式。復斜式, 交叉之中央部較弱。單斜式, 於 (A)(B) 之部分, 矢之方向, 因車輛之往來, 沿接縫部有生車轍之虞。又鯽骨狀即於第 110 圖 b, 沿 AB 線, 有生車轍之傾向。如斯, 是等之排列法, 各有其利害得失, 於車道普通採用第 107 圖及第 108 圖, 於步道, 第 107 圖第 108 圖外, 尚採用第 109 圖, 於交叉點普通採用第 110 圖 c。一般斜排列式, 因三角形及梯形之關係, 故不免多費手續。又使用溝磚於坡路時, 則垂直於路心鋪設之, 以減少其滑度。磚塊鋪設前之準備, 先由兩側拉一直線, 依之而開始鋪設, 今略記第

a. 縱斜骨狀

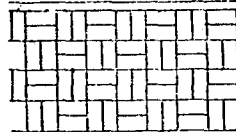
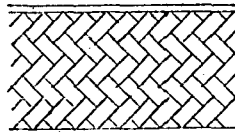
b. 鯽狀步道

圖 109



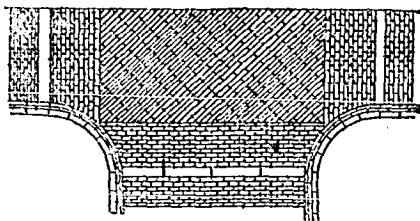
c. 斜鯽骨狀步道

d. 平行式

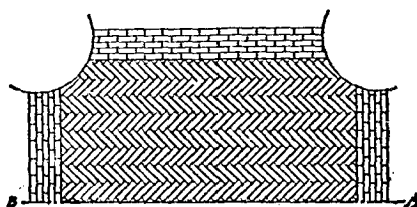


a. 單斜式

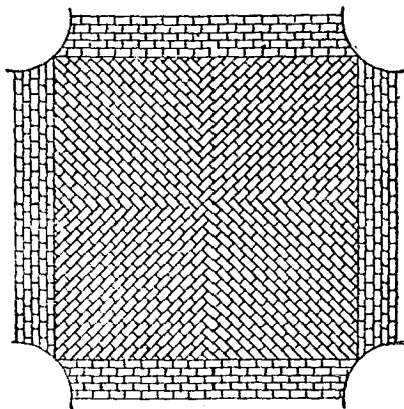
圖 110



b. 鱗骨狀

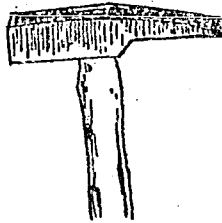


c. 復斜式



110圖o之排列方法，先由abcd之四隅，以粗絲線張對角線而為準備，依之由中央漸及於四方開始排列。工作中有打碎磚為種種形狀之必要時，則用如第111圖所示之鎚(Hammer)而為之，鋪設磚時，用徑約6.5 cm.長約12 cm.之硬木，逐漸敲打鋪設之磚使穩固。

圖 111



磚之接縫寬度，以適當為可。若過狹時，則注入之膠泥難於流入，因之磚塊難得完全之附着，若過廣時，則有使鋪道全體之強度轉弱之虞。普通於膠泥接縫，以0.6 cm.為適當。此處應注意者，於緋骨狀方式外之排列法，小面接縫，須使前後長面約有二分之一之相差強度而鋪設之。

第八節 輾壓

磚塊排列後，以適當重量之輾壓機輾壓或用木鎚搗固之，使磚塊一樣壓入定着於路褥中。此時輾壓機之重量，用於砂褥或水泥砂褥，使用3噸至5噸者，對於膠泥褥，則用徑76 cm.(30吋)長61. cm.(24吋)重272 kg(600斤)至408(900斤)之手滾子，續行輾壓，使其表面平滑，至路褥有約0.32 cm($\frac{1}{8}$ 吋)

至 $0.95\left(\frac{3}{8}\text{吋}\right)$ 上昇於縫接中之程度爲止。而開始輾壓時，由路心起，平行於路心線輾壓之，漸及於兩側。此時，輾輪須往復於同一處後，乃移於其次，輾輪向左右移動時，爲其輪寬約 $\frac{2}{3}$ 分之 1，須逐次相重合，蓋自同一方向或一方向一回輾壓者，完成後，每至發騷音。又路寬廣大，得以輾壓機行橫斷之輾壓時，則更行橫方向之輾壓。然橫斷坡度大，路面狹隘時，若行橫斷輾壓，則磚每致破碎，又路面人孔 (Manhole) 或街燈之周圍及沿路牙之附近，輾壓不可能之處，則以第 112 圖所示約 32 kg (50 斤) 重之搗磚鎚 (Brick Tamping Hammer) 搗固之。此處應注意者，輾壓後，於接縫部未施填充材以前，有相當降雨時，則取去鋪磚，修理敷勻路褥，重新施行之。又因輾壓，路褥有 $1.3\text{ cm.}\left(\frac{1}{2}\text{吋}\right)$ 以上上昇時，則有取換其磚之必要。

搗磚用鎚

圖 112



第九節 接縫之填充

以填充材充滿鋪設磚之接縫之目的，有種種，即防止磚之移動及其緣端之缺損等是也。又填充水泥、膠泥、瀝青等時，不僅防止水由接縫浸入，且可減少騒音。接縫填充材有水泥、膠泥、瀝青、砂等，各有其得失利害。

(1) 砂填充材 砂填充材用之砂，以含有細石灰性之乾燥細粒為良，撒布此砂於鋪磚上，以粗帚掃入於接縫中，或用迴轉式掃除機掃入之。接縫填充後，於鋪面上撒布厚約 0.64 cm. ($\frac{1}{4}$ 吋)乃至 1.3 cm. ($\frac{1}{2}$ 吋)之砂層，開始交通，更依交通使砂填充於接縫中，使更緊密。砂填充材，多採用於碎石或礫石基礎、上之鋪設磚地者，不適於重載重通過之處，採用於公園道或步道等。其利害得失，大要如次。

(a) 利點

- 1 工費低廉。
- 2 磚鋪設後，得即刻開始交通。
- 3 修繕路面時，容易拔取其磚，使磚不致破碎而得修理之。
- 4 得依交通使接縫緊密。

(b) 缺點

- 1 比水泥膠泥填充材，鋪磚之保持不良。
- 2 不能防止磚角之缺損。
- 3 鋪面非不透水性，表面排水若不完全，則基礎失其安定。
- 4 強雨時，填充材有被流去之虞。

5 接縫依交通而填充，故塵埃亦多少填充於接縫中。

(2) 膠泥填充材 此填充材，採用於半一體磚鋪路或一體磚鋪路，造成配合 1:1.5 至 1:1 之比較軟性等質膠泥，而注入於接縫中。對於此項膠泥之注入，若一次注入時，則砂與水泥有分離之傾向，且難得完全之填充。故一般用分二次注入之，第一次之填充，其膠泥比較軟，注入約接縫之 $\frac{1}{2}$ 至 $\frac{2}{3}$ 之深度，使其水分充分浸入於路褥中。如斯填充膠泥之表面水，待其無水後，乃於第二次充滿注入普通軟混程度之膠泥，此時若接縫有不能完全填充之處時，須以細鏟反復壓入之。

如斯於第二次填充之膠泥充分無水後，附着於鋪磚面之膠泥，以撒水器漸次撒水，以粗帚或有長柄之掃除器摩取之。如斯完成表面之接縫膠泥達於硬化程度時，於其上面置約 1.3 cm ($\frac{1}{2}$ 吋) 厚之清淨細砂層，若於難得此砂之處，以蓆或藁等被覆之亦可。天候顯著乾燥，膠泥水分之發散較速時，則二三日間，撒水於砂層或藁等之上。待膠泥硬化，取去表面砂層之後，許可交通，其硬化時間，依大氣溫度而不同，溫度高時，7 日至 10 日，溫度低時，則須 4 星期以上。

此處應注意者，須保持磚之清潔狀態，且多少使含有水分，接縫膠泥，不宜一次多量製造，宜混和於長 1 m. 內外，寬約 0.6 m.，深約 0.5 m. 之厚板製箱中，以鏟之類，始終攪拌之，防止砂之沉澱，以杓杓取之，注入於接縫中。砂之沉澱，膠泥之水量愈多，其程度愈大，不得不注意者也。

水泥膠泥填充材，亦有種種之得失，今記其大要如次。

(a) 得點

- 1 得防止磚之移動。
- 2 比砂作填材，鋪面之耐久力大。
- 3 頗得減少磚角之缺損。
- 4 不如砂填充材之可被降雨流去，又不如瀝青之易流出。

(b) 缺點

- 1 鋪面完成後，膠泥未硬化前，不能開始交通。
- 2 鋪面修理之際，磚之拔取，不如砂作填充材時之簡單，又於鋪面一旦使用之磚，若再使用時有相當加工之必要。

第十節 瀝青填充材

以瀝青為接縫填充材，不獨用於磚鋪路，即於木鋪路，石塊鋪路，亦多使用之。

磚鋪路使用瀝青時，先加入溶劑(Flux)，經充分加熱燒溶之後，乃注入乾燥塊之接縫中。注入器為一圓錐形，由其先端注入於接縫。瀝青水泥尚軟弱未硬結中，於鋪面一體撒布薄層清淨而乾燥之細砂，以防瀝青附着於車輪。瀝青材之加熱溫度，於瀝青為華氏 350 度至 450 度，於柏油為 300 度至 350 度。又近來於鋪面上注柏油漆(Tar Mastic)或土瀝青漆(Pitch Mastic)以壓入器押入於接縫中，柏油漆或土瀝青漆，乃以清淨微細之砂與柏油或土瀝青，各於加熱狀態混合而成者也，其容積成分比為 1:1。此種加熱混合，砂能黏合於柏油及土瀝青時之溫度，約在華氏

300度至 400 度之間，又柏油熱至華氏 250 度至 325 度，即得施行混合。

瀝青填充材之利害得失，大要如次。

(a) 得點

- 1 比砂作填充材，磚之保護良好，且有不透水性。
- 2 瀝青填充後，於鋪面置砂，即得使用之，故較使用膠泥者，不致妨害交通。
- 3 不生依溫度變化之龜裂。
- 4 於市街地，採用水泥砂礫，更使用瀝青填充材時，外觀良好。
- 5 柏油砂或土瀝青砂，對於溫度之感受性有抵抗。

(b) 缺點

- 1 磚角之保護，不及膠泥填充材。
- 2 因係瀝青材，故於高溫度時，多少有流出之傾向。

第十一節 伸縮接縫及填充材

此鋪道，如第 107 圖，普通沿路牙設置縱斷伸縮接縫，橫斷伸縮接縫，於使用膠泥接縫填充材時，必須設置，於使用瀝青接縫填充材時，則不必要。其設置間隔，約為 15. m.，接縫寬約 1.3 cm.。沿路牙之縱斷伸縮接縫(Longitudinal Expansion Joint)之接縫寬，兩側路牙間之寬度 5.5 m. 以上至 8.0 m. 時，約為 1.3 cm.，8.0 m. 以上至 11. m. 時，約為 2.54 cm.。此伸縮接縫之填充材，普通用瀝青砂(Asphalt Sand)，其容積成分比，

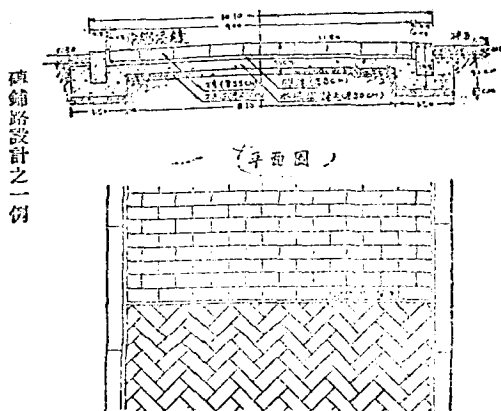
約為瀝青 1 砂 1 之比例，加熱混合之，取去磚鋪設之際兩側決置之定規板，加意流入填充此瀝青砂於其隙縫中。

第十二節 保養及修繕

此種鋪面之修繕，有部分修繕與全體修繕之二種。今鋪面因磚不均一之性質而受霜害或磨滅，以致處處發生凹凸時，即刻拔取或切取此部分，以新磚修理之，若鋪面全體已發生無數之窪下時，則為全體修繕。鋪面之切取，使用石鑿或利用壓榨空氣之鎚而行之。

圖 113

斷面圖



又因砂褥之沉下，路床之陷沒等而生窪下時，則詳細調查其窪下之原因，若由於砂褥之沉下時，則拔取其磚，加補砂褥，更鋪設之，若由於基礎或路床之沉下時，則修理之，再鋪磚塊。其次，

鋪面發生龜裂時，則注入瀝青水泥，更撒布少數砂於其上。鋪面有無數凹處，磨滅頗大時，則以舊鋪面為基礎，於其上造新瀝青混凝土磨滅面或新一體磚鋪面者有之，此時須先清掃舊鋪面，待其乾燥後行之。又有翻舊鋪磚之裏面為表面者，此時每加厚混凝土基礎而再鋪設之，舊磚須用鉛絲刷掃除清潔，然後使用。

在維持上，不得怠慢鋪面之掃除，及瀝青或砂接縫材之流出或流去時之添補。若有怠慢時，則磚之稜緣其損傷愈速也。

第十三節 磚鋪路之築造費用

工費，繫於原料供給之便否與基礎之性質，例如 1890 年美國數地方之磚路敷設費，其工費於非列得爾非亞(Philadelphia)，每平方碼 2.05 美金，於芝加哥，每平方碼 2.00 美金。

次示日本一般磚道表層工事費如次表，以資參考。

第 79 表 磚鋪路表層工費(每 3.3 m²)

種類	名稱	稱呼	數量	單價	金額	摘要
材料費	磚	個	16.000	140.000	22.40	基礎混凝土厚 1.5cm成分1:3:6 膠泥層厚 1.0cm成分1:2 接縫寬0.3cm. 膠泥接縫材
	水泥	桶	0.300	6.500	1.950	
	洗砂	立方公尺	0.210	5.210	1.140	
	小計				25.490	
工費	磚工	人	0.300	3.500	1.050	
	普通工人	人	0.810	2.300	1.864	
	小計				2.914	
計					28.404	

第二十六章 石塊鋪路

第一節 總說

石鋪路 (Stone Pavement), 乃 2500 年來採用之鋪路, 如羅馬人, 曾於混凝土基礎上, 排列形狀不規則之巨石而造成石道。於其強度之高, 雖無有及之者, 但不適於現今之車輛貨物, 大石塊表面, 磨滅而成爲平滑, 踏足不良, 終以海邊或由礫石坑而得之彈石以替換之。第 17 世紀之中頃, 此法傳於美國, 如非列得爾非亞, 1781 年以來, 完全採用石道。但其鋪道石材, 依時代而不同, 例如使用粗琢切石 (Rough Cut Stone), 細琢切石 (Cut Stone given finishing touch), 或平石 (Flat Stone) 等, 依石材之種類, 則用花崗岩 (Granite Stone), 玄武岩 (Basalt Stone) 及其他之硬岩, 於其大度, 議論不一, 由大形以至小形者有之。其於構造法 (Construction), 亦有種種之方式, 由彈石道至於切石道, 由大鋪石路而至於小鋪石路, 又依道路交叉及坡路等而不同。工費雖依構造法, 石質, 基礎之性質, 接縫填充種類等而異, 但一般有成爲高價之缺點。然其路面之磨滅抵抗最大, 故採用於交通繁劇之處頗有效。石鋪道之最進步者爲法國, 巴黎其最有名者也。

第二節 鋪石之試驗

鋪石, 於物理上及化學上俱需其性質強硬, 即硬度大, 富於

強韌性，對於天候之破壞力及由排泄物之分解而生之有機物之破壞力，其抵抗力大，非多孔性即非吸水性等，乃其必須之要件，關於是等，須一一試驗之。

鋪石之試驗，一般對於磨滅 (Defacement)，吸水 (Water Absorption)，抗壓 (Compressive Resistance) 等數種，與碎石道之石材試驗無異。

凡物質，漸次加力時，雖能耐於極大破碎之應力變形，但遭迅急激之打激時，則雖輕搥，亦得破碎之。故關於貨重之衝擊，亦有精確試驗之必要。

其次各材料皆多少有吸水性，而其耐久性，大有關於其吸水力之多寡。於氣候寒冷之地更甚。即內部吸收之水分，亦因凍結而增加其容積，故至發揮頗大之破壞力，於多孔質之石材內部，因其水分之脹膨收縮，而成爲破壞之原因，乃明瞭之事實。

諸石材之吸水力如次表。

第 80 表

石 材	吸水量之百分率
花 崗 石	0.026 ~ 0.155%
大 理 石	0.03 ~ 0.16 %
石 灰 石	0.20 ~ 5.00 %
砂 岩	0.41 ~ 5.48 %

第三節 彈石鋪路

第一、總說

彈石鋪路 (Cobble Stone Pavement), 乃石鋪路中最低級者。昔時雖曾採用於公路, 於現今雖依其改良之程度而不同, 但以爲鋪路, 無多價值。故幾不採用之, 僅使用於公園道, 急坡路之步道, 土道等之側溝或庭園等之小道等。敷設於砂床之上之彈石道, 其值低廉與馬之踏足良好, 固其優點, 但其面粗糙多凹凸, 車馬之牽引抵抗大, 且易被霜害, 則其短處。又彈石, 因其大度不同, 故難能整齊其接目, 掃除亦困難, 行人往來, 多感不快。於現今多少改良之, 造成彈石混凝土路面, 使用於人行道。

第二、構造與築造法

(1) 彈石鋪路 路床與路表平行, 以重輾壓機充分輾壓完成之, 如第 114 圖。

圖 114
彈石鋪路之斷面



設置路牙, 彈石須採取強而齊一者, 銳角或有劈開面者不得使用之, 其鋪法, 於輾壓完成之路床上, 均勻敷設厚約 20. cm. 至 25. cm. 之砂礫或粗礫石礫, 然後於砂礫上, 依圖示之鋪排列徑約 8. cm. 乃至 20. cm. 之彈石, 彈石皆縱直, 其小面須向上排列之。彈石磚道, 至少須以 25.4 cm. (10 吋) 厚之多角砂或細礫石爲路床, 若土質係黏土時, 則砂須有約 45.7 (18 吋) 之厚度。路床十分堅硬, 且爲礫石雜黃土時, 或以舊礫石道爲路床時, 則

直接於其上排列彈石者有之。石於適當位置，某距離間排列後，以木槌之類行搗固，其上更撒布厚約 5.1 cm. (2 吋) 之砂或細礫石，以輾壓機輾壓之後，卽刻許可交通。此鋪道，依交通時，彈石有沉下於路床之缺點。其長處，得拔出破損處之彈石，重行排列修理之，故修繕頗易。

(2) 彈石混凝土路 此種鋪道，乃由彈石鋪路改良而成者也，於路床上均勻敷布厚約 7. cm. 至 13. cm. 之礫石或碎石，輾壓後，鋪設厚約 7. cm. 之 1:3:6 混凝土，於其上，與前記同樣，排列 7. cm. 至 12. cm. 內外之彈石，更於其上，以 1:2:4 之比較小粒礫石之混凝土填其空隙，以輕輾壓機輾壓完成之。又有僅以砂或礫石為空隙填充材者。參照第 115 圖及第 116 圖。

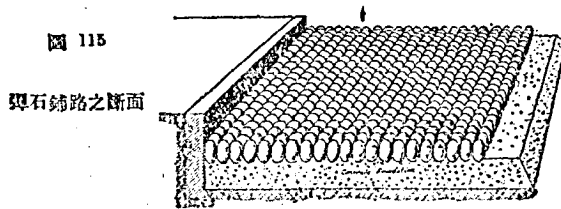


圖 116
彈石混凝土
鋪路之斷面

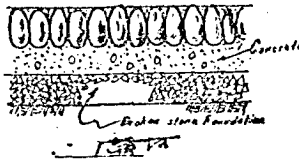
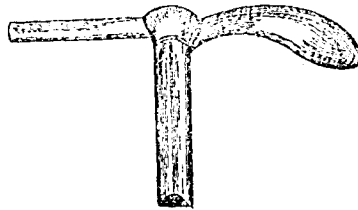


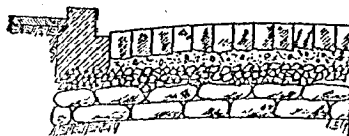
圖 117
彈石鋪
路用槌



第四節 羅馬式鋪石路

此種鋪道之構造，設基礎於約 1.0 m. 深之溝中，行地下排水，置一層或二層之大而平坦之石材，其厚約為 0.4 m. 其上置石灰膠泥，投入碎石，使其厚約為 23. cm.，其上更置石灰使用混凝土，而於路表排列接縫密而不規則之石，其厚約為 15. cm. 總上全厚約為 1.0 m.。如此鋪道，僅於石鋪道之歷史上有名，如現今，比較低價得築造良好鋪面之時代，已非實用。

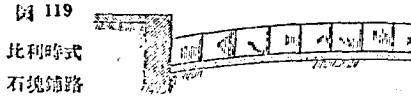
圖 118
羅馬式
鋪石路



第五節 比利時式鋪石路

彈石鋪路，因多缺點，繼之而起者，為由小切石 (Cut Stone) 而成之切石鋪路 (Cut Stone Pavement)，此切石鋪路，比利時之首府不魯捨爾 (Brussel) 最初試造之，其後傳於法國巴黎，繼被

採用於美國，終以比利時石鋪路之名，聞於世界。



此種鋪道之構造，於充分完成之路床上，設厚約 15.2 cm. (6吋)之砂基礎，其上排列長約 12.7 cm. 至 17.8 cm. (5~7吋)，寬約 12.7 乃至 15.2 cm (5~6 吋)，厚約 15.2 乃至 17.8 cm. (6~7 吋)之火成岩或其他之硬石切石。其切石之排法，須使與街路中心線成直角而平行。次搗固之後，於表面撒布砂，以填充接縫，切石比較正形，故較彈石，密着良好，但通例以 12.7 cm. (5 吋) 立方形切石造成之，為其缺點之一，踏足不良，石角磨損而成圓形，接縫過多，易生車轍，且粗糙易發喧騷之音響。

第六節 石軌鋪路

最初用板石造成軌道，以搬運大重量之載重者，為埃及人，現今此法於北意大利之主要都會及各縣市，多採用之。

忒爾福德氏，於荷里赫德(Holyhead)之道路，曾築造石軌鋪路，當時此處有二丘陵，其傾斜為 5%。若欲減為 4.17% 之坡度時，則須 100,000 金圓之工費，若欲石軌鋪路，坡度仍使為原來之 5% 時，則僅少許之填土與切取，其建設費，僅前者之半已足，且發現於原之丘陵，曳上一噸之貨物，須 294 井之推挽力，若造成石軌鋪路，於同一之坡度(5%)，則僅 132 井已足。

軌道有石造與鐵造，其數設費俱大，但因其所要之推挽力小

與得用多少較急之坡度，故其建設費反為合算。於車輛之軌道，敷設花崗石或堅緻之砂岩版，其大度須用長約 61 cm. 乃至 182.9 cm. (2'~6')，寬約 30.5 乃至 68.6 cm. (12"~27")，厚約 15.2 cm. (6") 者。馬道常用彈石，道路之他部分，於可能範圍內，以彈石，花崗石或其他之鋪道為宜。

基礎如第 120 圖所示，普通於礫石基礎上，鋪設砂或混凝土。

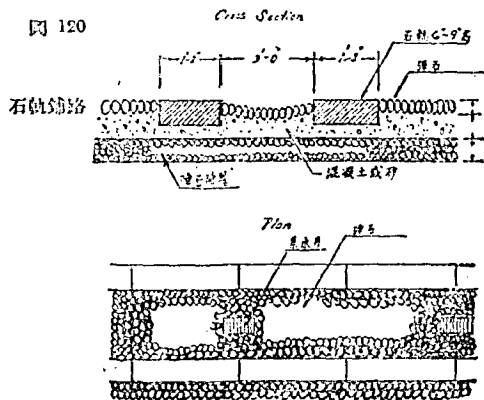
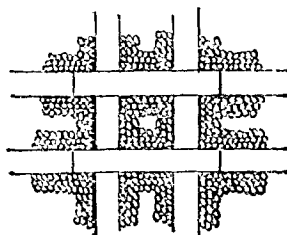


圖 121 石塊交叉



第七節 小石塊鋪路

第一、總說

小鋪石路，乃最近發達者，於德國最初築造之，後傳於法國巴黎，英國美國等，有種種之名稱。1889年頃，德國有格累文火茲(Gravenhorst)氏發明之小鋪石路(Klein pflaster)。此鋪道因格累文火茲氏以邊長 8. cm. 之立方石塊排列成嵌細工模樣，故又稱為嵌細工石塊鋪裝(Mosaic Stone-block Pavement)。然嵌細工鋪裝，多鋪設為鱗形。

小鋪石路，巴黎市最初於造幣局右側，約鋪設 500 平方公尺，其結果良好，故其後多採用之，依 1924 年一月一日之調查，其面積實達 57,260 平方公尺云。

又於英國及美國，稱此鋪道為杜拉克斯鋪路(Duracs Pavement)。

第二、小鋪石之石質及大度

小鋪石(Small Paving Stone Block)，乃立方形之粗石，以磨減少之花崗岩，砧石，斑岩等製成，其大度約 7. cm. 乃至 10. cm. 之立方塊。此鋪石之大度，若過大或過小時，則有種種之缺點，對於此點，於後節小鋪石路之得失項內詳述之。

鋪石之作製，以手鎚或汽鎚切削硬岩，以由石山採掘石材之際而生之小塊或大鋪石道之廢物鋪石，造成小鋪石。

第三、最大坡度

小鋪石路，於坦路坡路俱可採用，即於最大之 10% 坡度之

坡路，亦得築造。然築造於急坡路時，其鋪石之設置法，接縫填充材 (Joint filler) 之種類，因鋪石磨滅而生之滑度等，非慎重考慮不可。於德國，使用玄武岩塊 (Basalt Block) 時，最大為 4% 至 5%，花崗岩塊 (Granite Block) 時，最大為 6%，此乃考慮因鋪石磨滅所生之滑度，而規定者也。

第四、橫斷坡度

橫斷坡度之決定，於前章雖曾詳述之，但小鋪石路之橫斷坡度，普通約為 1:30 至 1:40。

於巴黎市，依次之公式決定路頂 (Crown)，形成弧形狀之路面。

$$f = k \frac{L^2}{L-1} \dots\dots\dots (90)$$

式中 f = 道路中心高 (m.)

L = 道路之寬度 (m.)

k = 係數，於石塊鋪道為 0.015 乃至 0.018。

今假定路寬 6. m. 而決定其橫斷坡度，取 $k=0.015$ ，依 (90) 式，則 $f=0.108$ m. 即為 1:28。然於市街道路，使用膠泥或瀝青接縫填充材時，則上記之值過大，普通以 1:40 為適當。

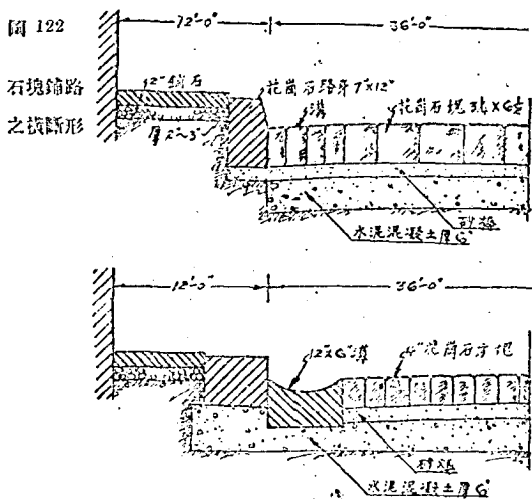
第五、路床及其形

路床之形狀，與表面附以同樣之橫斷坡度，輾壓完成之，與磚鋪路同。

第六、基礎

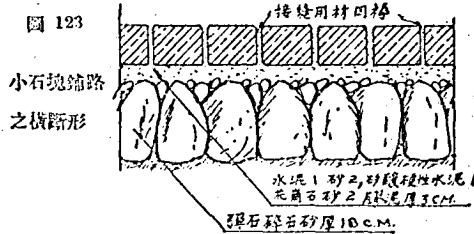
小鋪石路之基礎，有用充分輾壓完成舊礫石或土砂路以為

基礎者，又有掘鑿加工舊礫石路或碎石路以爲基礎者，亦有以舊鋪木路爲基礎者，以舊混凝土鋪路或新築混凝土基礎者有之，粗末者至優良者，其種類有種種。依交通量之大小與載重之輕重及由經濟能力而被制限，如巴黎市等，少有新築混凝土基礎者，主利用舊礫石路或木塊鋪路充當之。石塊鋪裝成爲高價之理由，由於基礎及鋪石之排列法者多。故對於基礎之改良，非加以充分之考慮不可。



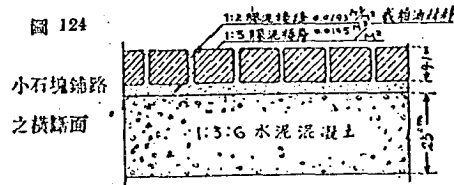
(a) 礫石基礎 以舊礫石路爲基礎時，則掘下路面至所定之高度，即於小鋪石之厚度加 2. cm. 至 3. cm. 之褥層厚之深度，充分碾壓完成之。若路面之凹凸大，不能直接鋪設於其上時，則掘起路表 2.5 cm. 內外之深度，均勻敷布爲所定之形，

而行充分輾壓。輾壓之際，一般路中心，因交通關係，比兩側較硬，故兩側須特別輾壓之，此種基礎，可採用於交通較閒散之處。



(b) 碎石基礎 此基礎與礫石路之情形同，又特別如第 123 圖，以彈石及碎石築造基礎者。

(c) 混凝土基礎 此與磚鋪路同樣，混凝土基礎，其厚度依交通之程度及載重之輕重而異，於新設道路，交通既多，且多填土之處，其厚度至少約須 13. cm (5 吋)，普通 9. cm (3 吋) 至 13. cm. (5 吋)，路床頗軟弱時，則必須 15. cm。



第七、褥被

路褥與磚鋪路同樣，有砂褥，膠泥褥等。一般基礎為礫石或碎石路時，則用砂褥，混凝土基礎時，則用膠泥褥。路褥之厚度，

與磚鋪路之場合不同，因使用不定形之鋪石（磚之形正），不得有能調節表面平坦之厚度，故褥厚最小敷設為 2.5 cm (1 吋)，最大 6.4 cm (2.5 吋) 者有之。

(a) 砂褥 砂褥用砂，以細而清淨者為可，掃除清潔充分完成之基礎，於其上均勻撒布約 2.5 cm. 厚之砂，砂上排列鋪石，砂一次撒布面積，不宜過廣，當鋪設石塊之際，使不致被足踏之程度為宜，所鋪之石，以彈石鋪石錘輕敲之使沉於褥中，成為平坦之表面。若因鋪石之不定形，雖敲之亦不成為平坦時，則稍削其褥而設置之。而所鋪之石，務必以不受足踏為可。

(b) 膠泥褥 基礎混凝土鋪設終了經 4 或 5 日後，於其相當硬化時，以僅帶濕氣程度之配合約 1:3 之硬混膠泥，均勻鋪設於清淨掃除之基礎上，其厚約 1.5 cm. 乃至 2.4 cm.。此膠泥褥亦與砂褥之情形同樣，不宜一時鋪設廣大之面積，時時隨鋪石之設置而鋪設之，其面積使不致受足踏之程度為當。鋪石之設置，與用砂褥時同。

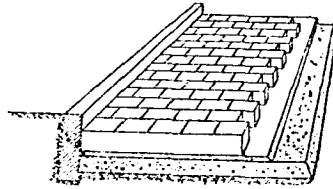
第八、小鋪石之排列

小鋪石之排列方式，有普通磚之排列方式與嵌細工排列式即拱形 (Arched Form) 排列之種種方法。由種種之立場而考案者也。

1. 一般排列方式

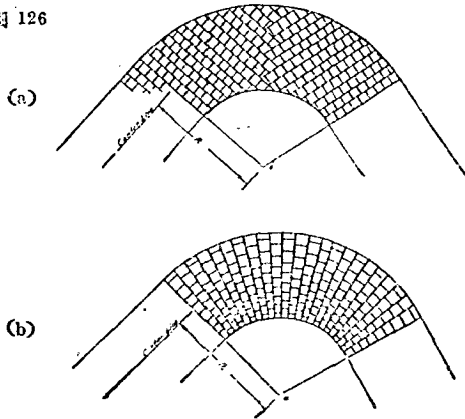
(a) 直線部之排列 如第 125 圖所示，與普通磚之排列同樣，垂直於路牙，即沿交通之方向，而排列之，各列接縫，使不相重。若接縫如橫接縫之相重時，則沿接縫，易生車轍。

圖 125



(b) 曲線部之排列 曲線部之鋪石排列方法，普通鋪石鋪道亦同樣。路寬廣大且曲線半徑小之部分，選採使用大小不同之鋪石，於曲線內側使用小鋪石塊，於外側使用大鋪石塊，鋪設時鋪石之橫接縫，須調節之使其向於曲線之中心點，如第 126 圖 a。然曲度急，不能如斯鋪設時，則如 b 圖排列之。然鋪道中心半徑大，鋪石之橫接縫，得利用大小鋪石塊而調節之，使其向於曲線中心點時，其外觀良好。

圖 126



今理論上計算曲線部內外側應使用鋪石之大小差，以此為基準，先牽絲線，做此牽絲而選別鋪石之大小，以鋪設之，茲就此方法而述之。

於第 127 圖，使

r = 曲線中心半徑，

R_1 = 鋪道外側半徑，

R_2 = 鋪道內側半徑，

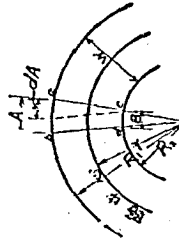
W = 鋪道寬，

A = 鋪道外側鋪石寬，

B = 鋪道內側鋪石寬，

ΔA = 鋪道內外側鋪石寬之差

圖 127



$$\text{則} \quad \frac{A}{R_1} = \frac{B}{R_2} \dots\dots\dots (92)_a$$

$$A - B = \Delta A \dots\dots\dots (92)_b$$

$$R_1 = r + \frac{W}{2}$$

$$R_2 = r - \frac{W}{2}$$

由(92)_a式

$$A = \frac{B}{R_2} R_1 \dots\dots\dots(92)_a$$

又代入 $R_1 = r + \frac{W}{2}$, $R_2 = r - \frac{W}{2}$ 於(92)_a式中,

則

$$r = \frac{\frac{WA}{2} + \frac{WB}{2}}{A - B} \dots\dots\dots(93)$$

今以例解上之計算如次。

[例解] 鋪道寬 5.5 m (\doteq 18 ft.), 選出鋪石之最小者, 測定其寬度, 使 $B = 9.4$ cm., 則應使用於鋪道外側之鋪石寬 (A) 如次, 但此時之鋪道中心半徑為 300 m.。

$$R_2 = 300 - \frac{5.5}{2} \qquad R_1 = 300 + 5.5$$

$$A = \frac{0.094 \times 305.5}{300 - \frac{5.5}{2}} = 0.09667 \text{ m.} \doteq 9.667 \text{ cm.}$$

$$\therefore \Delta A = 9.667 - 9.4 = 0.267 \text{ cm.}$$

如上例, 若已知 ΔA 之值時, 每橫接縫數條之鋪道兩端, 計算鋪設寬, 而牽規定絲線, 即依此得鋪磚鋪石。

2. 嵌細工式排列方式 嵌細工式之排列方法, 雖有時排列為牡蠣壳形 (Oyster-Shell Formation) 者, 但普通排列為拱形 (Arch Formation) 者多, 其排列樣式, 如第 128 圖至 129 圖。拱形為四分圓弧其弦長使為 1.5 m.。

圖 128

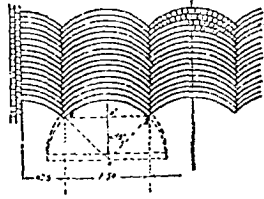
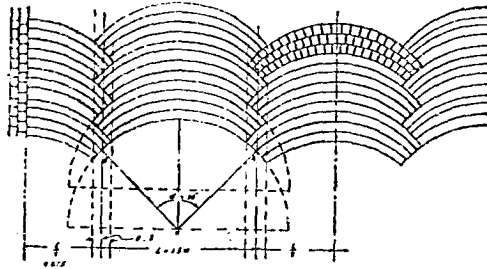
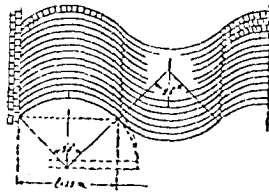


圖 129



$$OA = O'A \sqrt{2} \doteq \frac{1.50}{\sqrt{2}} 1.06 \text{ m.}$$

圖 130



其如斯築造之理由如次。

- (1) 車輛沿縱斷坡度進行時，依車輛之前進，所起力之作用，使鋪石有被蹴下於下方之傾向。故圓弧之內側，向縱斷坡度之下方而鋪設之，使抵抗此力。較直線排列，其抵

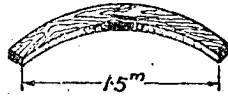
抗力爲大。

- (2) 如圖排列時，力漸次傳達至兩側路牙之側方，因此而得支持。
- (3) 車輛於下坡時，因使用制動器 (Brake)，與上坡時有同樣之影響，如圖排列，對於此點亦甚適宜。
- (4) 依以上三項理由，於坡地，如第 128 圖及第 129 圖排列之爲宜。
- (5) 路面水平時，雖如第 128 圖或第 129 圖的排列，亦無不可，但如第 130 圖，排列爲背向拱形時，無論車輛之進行方向，其力之傳達及於路牙，俱屬有效。
- (6) 對於第 128 圖及第 130 圖之排列法，有如次之批評。於第 128 圖之排列，鋪石之大度最小 7. cm. 者，因僅沿直線之縱列而集合，故鋪裝當生最小耐力之軸線。以避此力爲目的，故如第 129 圖每圓弧若干列，附以階段而排列之。此時階段之寬度，必須使其成爲有能包含最小鋪石之縱列帶之廣度。

如斯同徑圓弧之各弧中心距離，爲中央部使用鋪石之寬度加接縫寬度之間隔，各弧間隔，於中央部較大，於兩端狹小，故鋪石必須混用約 9.4 cm. 至 5.6 cm. 者。

於鋪石之設置，若使用熟練職工時，則只於弧長間隔，牽以絲線，依之以半徑長之竹尺，時時檢查圓弧之半徑而設置之，但職工不熟練時，則如第 131 圖製成樣板，使用之造所定之弧而後進。

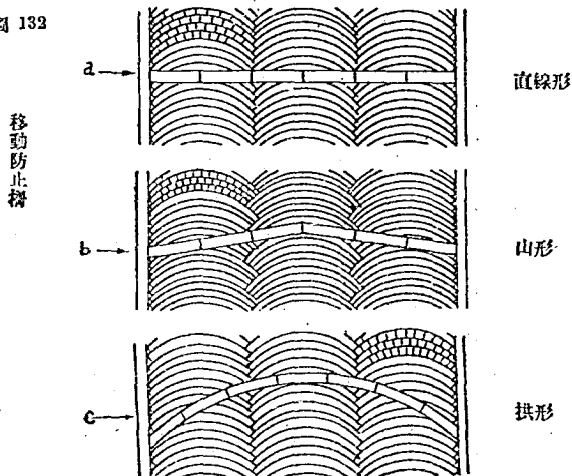
圖 131



第九、急坡路之石塊鋪設

急坡路之石塊鋪路之鋪設，如前項所述，一般鋪設為拱形，但坡路過急時，鋪面全體，依自重及重車輛之昇降等，有移動於坡度下方向之傾向。不獨於石塊鋪路為然，凡一切塊鋪面，概有此傾向。為防止此傾向，如第 132 圖，橫斷道路，設置直線形 (Straight Form)、山形 (Refracted Form) 或拱形 (Arched Form) 之移動防止柵 (Fastening Wall) 時，頗屬有效。此移動防止石柵，如使用砂褥，鋪石與基礎不能密着時，尤有設置之必要。

圖 132



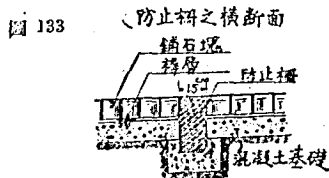
移動防止石，普通現於路面之部分，使成粗面，使用花崗石，其構造務使作用於防止石之力傳達於兩路牙而支持之。

第十、接縫之間隔及填充材

接縫之間隔，依填充材而不同，填充材有粗礫石、砂、柏石、瀝青、水泥膠泥等。

1. 細礫石 細礫石使用為接縫填充材時，其接縫寬為 1.9 cm ($\frac{3}{4}$ 吋) 至 2.5 cm (1 吋)。礫石之大度，以通過 1.28 cm ($\frac{1}{2}$ 吋) 眼篩而殘留於 0.635 cm ($\frac{1}{4}$ 吋) 眼篩上者為宜。於接縫單用礫石時，可用較小之礫石，若礫石填充後，更須注入柏油時，則可使用其較大者。礫石之填充，於鋪石排列後，掃入礫石於接縫中深約 3.8 cm . 至 $5. \text{ cm}$., 輾壓鋪石，然後更以鑿狀之棒，漸次塞入礫石於接縫中而輾壓之。接縫完成有次之二法。

- (a) 礫石填充後，於路面均勻撒布厚約 1.3 cm 至 2.5 cm 之細砂，許可交通，依交通押入細砂於接縫內，緻密填充之。此法不能使接縫成為不滲透性，難保鋪石之不動，故不採用於上等路面。



- (b) 掃入粗礫石於接縫中深約 1.3 cm 至 2.5 cm , 輾壓鋪

石，注入少量柏油，再填充礫石，以棒押入之後，更注入柏油。此法若係冷礫石時，則柏油於未能充分填充礫石之空隙前即硬化，難以完全注入。故於冬季，不宜採用此法。柏油非充分加熱後，不得使用。柏油注入量，每平方公尺 4.54 公升至 15.9 公升。此法於比較上等石塊鋪路採用之，鋪面不滲透，得增加其耐久度。

2. 柏油砂 柏油砂用作接縫填充材時，其接縫寬為 0.95 cm ($\frac{3}{8}$ 吋)。關於柏油砂接縫材之施工，與磚鋪路同樣，茲省略之。

3. 瀝青砂 石塊鋪路用瀝青水泥及熱砂，以容積計，等量配合之，注入於接縫中至溢出於路表之程度為止。於此使用之砂，以微細清淨而不含有機物者為宜。砂之加熱溫度，華氏 300 度以上 400 度以下。瀝青砂填充後，即刻於表面撒布薄層砂，許可交通。鋪石之輾壓，於未施接縫填充材前行之。

4. 水泥膠泥 以水泥膠泥為接縫填充材時，其接縫寬約為 0.9 cm，基礎混凝土凝結後，敷布膠泥褥而排列鋪石。接縫填充用膠泥，其配合為 1:2，極軟混合之，為防止砂之沈澱，時時攪拌注入於接縫中，此時之水，因浸透於褥層之乾膠泥中，故數回注入，填充接縫，同時努力使褥層之乾膠泥化為普通膠泥。

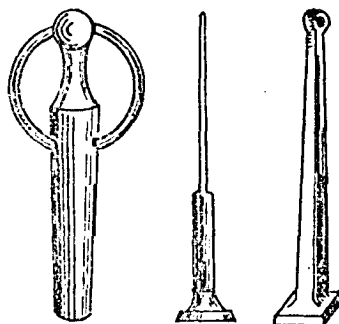
使用膠泥接縫時，則路面成為不滲透性，得確保鋪石之位置，減少騒音，防止鋪石邊緣之缺損，顯著增加鋪石之耐久力。

第十一、鋪石之輾壓

鋪石排列後，須充分搗固之，若有沈落於路面下時，則拔取其石，更以較厚之石塊替代之，或增加其褥層厚，務使路面平坦。雖時有用撞錘搗下其高部而造成平坦之路面，但此乃錯誤之施工法，搗固工作，以達各塊不致沈下之程度為宜，不得勉強搗下而使其平坦，否則路床緊縮之度，因之不同，成為後日貨重通行之際，路面發生凹凸參差不齊之原因。

鋪石搗固用器具，有如第 134 圖所示者，各有其特徵。是等皆依一人或數人之人力而行搗固，又有依機械力者。嵌細工 (Mosaio) 及小鋪石用者，如第 134 圖所示，其底面積為 18 cm. × 18 cm. 至 20 cm. × 20 cm.，重量為 20. kg. 至 30. kg. 之鋼製品。

圖 134
石塊搗固器



鋪石之輾壓，依接縫填充材及其構造等而不同。若係砂褥，則於未填充接縫材之前，一一搗固其鋪石，乃施砂或其他之接縫材之填充。然若施膠泥接縫材時，於接縫材填充後，膠泥未硬化

前，更一回施行搗固工作。

若以乾膠泥爲褥，更以膠泥爲接縫材時，則於接縫材填充後搗固之，其搗固回數，完全之一擊已足。然若使用輕木槌時，則須二擊。

第十二、伸縮接縫

石塊鋪路之伸縮接縫，限於用膠泥接縫材。縱斷接縫，於路寬 5.5 m 以上時，有沿兩路牙以瀝青填材造成者。橫斷接縫，雖有主張不必要者，然於實際，每隔約 30. m.，設置 2. cm. 至 2.5 cm. 寬之接合部分爲宜。此外又於消火裝置，人孔等之周圍設置之。

第十三、小鋪石之得失

小鋪石鋪路，普通不如石材鋪路之依貨物交通而發生高音響，不如礫石路之發生泥土塵埃，工費亦比較經濟，若用熟練之鋪裝工人時，則一日之鋪設面積，以一組工人可完成 15 平方公尺，乃容易之事。又使用雜役，於 3 或 4 組之工人，約一人已足。

又大石塊鋪路，因路面之磨滅而漸滑，對於此點，小鋪石之表面粗糙，故駐足良好。又因係塊鋪面，適於部分之修繕。

第十四、保養及修繕

小鋪石之鋪面，若用砂接縫材，因降雨而砂流出時，則掃除之，再行撒布薄層之砂，依交通而補充之。又鋪面生凹凸時，則以輾壓機輾平之。鋪石有破損時，則拔取其破石，以新石修理復舊，又全部以新石置換者有之。若用瀝青材爲接縫材時，則於路頂部，有時瀝青流出而露出接縫，此時則洗滌其接縫，待其乾燥後，

再補加瀝青材修復之。

第八節 大石塊鋪路

第一、總說

大石塊鋪路，對於鋪面之磨損抵抗大，故主鋪設於交通頻繁及重貨通行之車道。其構造，與前述之小石塊鋪路大同小異，不過其鋪石使用較大者而已。此種鋪道，雖編入於良好鋪道中，但其原價 (First Cost) 較大，一經磨滅則易平滑，乃其缺點。然現今之大石塊鋪路，造成鋪石為長方形，詳加研究鋪石之排列方法，故對於平滑一點，已有比較安全之構造，對於其原價，則無可如何也。

又此鋪道，當載重通行之際，雖有發較大騒音之缺點，但於住宅地域及官衙、學校、病院等之附近街路，既無鋪設此鋪道之必要，且現今一般交通車輛，漸次由鐵輪胎而改造為橡皮輪胎，故對於此項考慮，已漸次緩和。又此種鋪道，得有效鋪設於一切坡度地，此則其利點也。

第二、鋪石之大度及其完成法

此種鋪道之鋪石，主用花崗岩，其石質須等質，結晶緻密，磨滅抵抗大，不含酸化鐵與龜裂等，且其形正而有適當之大度。此種鋪石之大度，通例厚 12. cm 寬 10. cm 長 15. cm 至 30. cm.，若增大其寬度，則有害踏足，增大此鋪道之不利之點。鋪石之形狀及尺寸若不整一，則於鋪設上發生複雜之手續，故其尺寸之差，須在 0.45 cm 以內。鋪石之完成法，於石之上下面去其凹

凸，使成粗面，以減少鋪石之滑度，側面，於各側合端 3. cm. 寬之處，垂直於上表面，以鑿鑿取完成之，他之部分，則以錘去其凸處，使由合端無突出之部分，底面，由合端許可 1. cm. 以內之縮小，粗糙完成之。

第三、最大坡度

此種鋪道之最大坡度，若使有抵抗滑度適宜之鋪面，則達 15% 至 18% 之坡度，亦可得滿足之結果，若於普通之鋪面構造，其有效坡度，最大約 5%。

第四、橫斷形及橫斷坡度

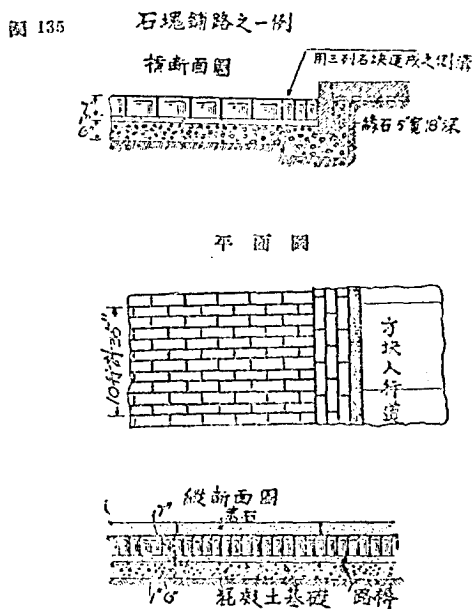
此種鋪道之橫斷坡度，普通約 $1/40$ 至 $1/50$ ，鋪設為拋物線形。

第五、大石塊鋪路之構造及築造法

1. 路床 路床與小石塊鋪路同樣，附所定之橫斷坡度，平行於鋪面，充分輾壓完成之。

2. 基礎 與小石塊鋪路同樣，採用混凝土基礎，馬克達基礎、彈石基礎、忒爾福德基礎、舊礫石路等，但大石塊鋪路，原則上鋪設於重貨通行之街路，故恆鋪設於厚約 15. cm 至 19. cm. 之混凝土基礎上，又於比較輕量貨車通行之街路，則有鋪於碎石基礎上者，但此碎石或彈石基礎，普通必須具 25 cm. 以上至 30 cm. 之厚度。

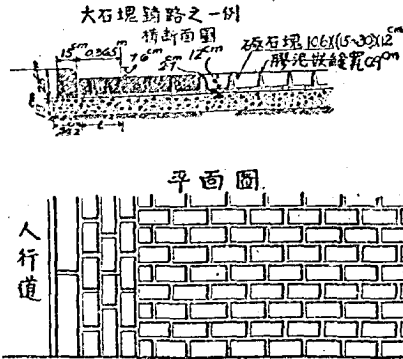
3. 褥層 褥層與小石塊鋪路同樣，有膠泥褥及砂褥。膠泥褥用配合 1:3 或 1:4 之硬混膠泥，其敷布厚約 2.7 cm.，砂褥之敷布厚亦約 2.7 cm.，於其上鋪設鋪石。



4. 接縫填充材 接縫填充材，與小石塊鋪路同樣，用砂、膠泥及瀝青等。參照第六節第十。

5. 鋪石之碾壓 鋪石塊之碾壓，其目的及方法，俱與小石塊鋪路同，以徑約10 cm. (不得大於鋪石之最小寬度)重約100 kg. (三人使用)之撞鎚，於各鋪石一一與以撞擊，若鋪石因撞擊而過於沈下時，則加厚其褥層，反此則減少其褥厚，再行撞擊。一般此項工作，撞鎚之重量愈大，其能率愈良。

圖 136



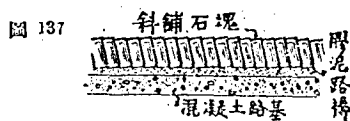
6. 伸縮接縫 參照小石塊鋪路第六節第十二。

第六、大鋪石塊之排列 鋪石之排列方式，與磚鋪路磚之排列同，橫接縫須使其垂直於道路中心線，如第 136 圖，長面垂直於街路中心線之方向，各排小面接縫，使約有石塊長面之半之相差，各不相通，普通沿道路中心線之方向而排列之，其理由蓋使不生縱方向之車轍。此外亦與磚鋪路同，有其他種種之排列方法。以防止磨損及車轍為目的，斜向排列鋪石即稱為斜行排列式 (Diagonal Arrangement System) 者，雖於各處試驗之，但俱未能收滿足之結果，蓋此排法，其磨損不規則，而踏足亦不良，且難免構造之困難與材料之損耗故也。排水溝，常以長面平行於路牙築造之。鋪石間之接縫寬，以小為有利，廣大之接縫，不僅增加磨損與喧騷，且踏足亦不良，其寬度若採用膠泥接縫填充材時，約為 0.91 cm.，鋪石之排列，由兩側路牙起，漸及於中央，最後之排石，必使其緊着。

於街路交叉點，其排列方式，與磚鋪路十字路之排列方式同樣，如第 110 圖之樣式。鋪石由中心起斜行敷設為宜。採此排列法之原因，蓋欲防止車輛沿縱接縫通過而發生沈下及車轍，且使隅角迴轉處馬之駐足良好，故於街路交叉處，普通雖平行排列，但由此點觀之，可謂不當。其各式之利害得失之關係，亦與磚鋪路之情形同。

第七、急坡路石塊坡路之構造

鋪石雖云適於一切之坡度，但於 10% 以上之坡地，比彈石路駐足較良，於 5% 以上之坡地，欲設置石塊鋪路時，其構造如第 137 圖所示，於碎石基礎或混凝土基礎上，並列鋪石緣稜為鋸齒狀，或如第 138 圖，長面接縫垂直於路緣，排成一直接通之接縫，於鋪石相互間，插入厚約 3.0 cm. 至 6.0 cm. 之頁岩或施防腐劑之硬木片，使為開接 (Open Joint)，此處依交通之土砂而填充之，使馬之駐足良好。



在如斯之急坡度鋪面，普通不附以橫斷坡度，築成水平，若欲附橫斷坡度時，則以極小量為宜。

又於坡路各處，橫斷道路，與小石塊鋪路相同，垂直於路緣

或於上坡之方向，與鋪面等高，設置鋪石滑落防止柵為山形狀。

第八、保養及修繕

此項鋪道之維持及修繕，較其他之鋪道甚少。使用砂接縫材時，鋪石稍有易動，則部分拔取其鋪石，更適宜安置之。若全體有大移動時，則取去其舊褥層，更敷設新褥而於其上排列鋪石。又鋪石有破損時，則以新石交換之，更施接縫填充材。以瀝青為接縫材時，因鋪面中央之瀝青有流去於兩側之傾向，此時清淨洗滌路面，待其乾燥，然後補給接縫材。接縫材為膠泥，於接縫有生龜裂時，則注入瀝青以彌縫之。又鋪面因基礎之不良而生窪下時，則掘起鋪面修復之。

第二十七章 木塊鋪路

第一節 總說

木塊鋪路，廣用於歐美諸國，而其結果各有不同。於歐洲特於倫敦，木鋪路之結果，十分良好，然於美國，其結果大致不能如意。歐洲之所以收良好結果之理由，蓋注意其敷設與維持，堅固之混凝土基礎上，於十分乾燥處理之接縫中，更用阻水水泥，且注意其修繕之故也。反之，美國之終於不良結果，其原因得歸之於敷設方法之不完全，維持不注意與使用劣材等。

木塊鋪路之要素如次。

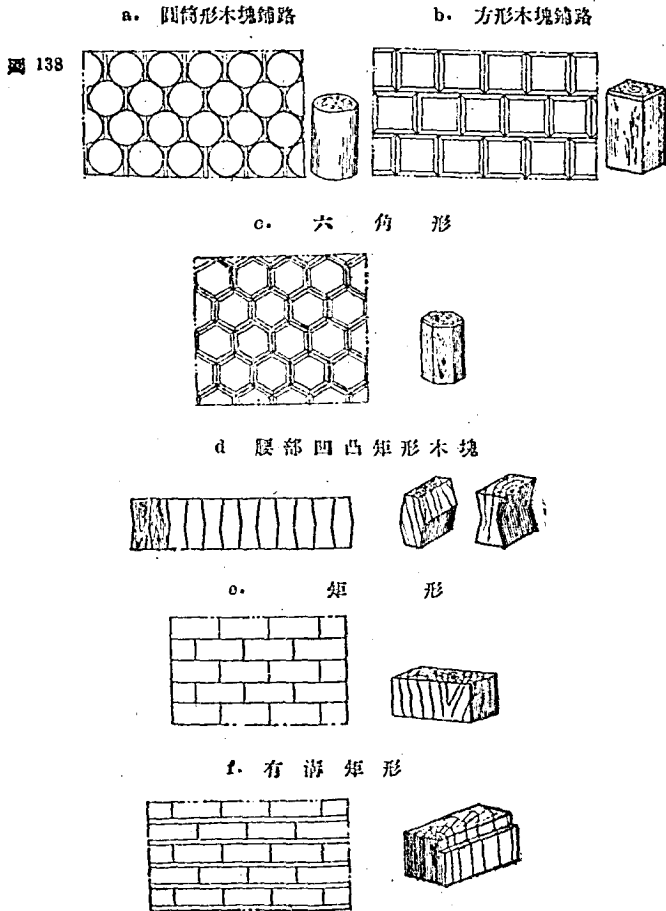
- (1) 無沈下且無滲水性之基礎。
- (2) 使用強韌乾燥之木材或施防腐劑之木材。
- (3) 鋪木及木塊間之接縫填充材，須有阻水性。

第二節 鋪道用木塊之種類

第一、鋪木塊之形狀

木鋪路有許多之種類，木塊之形狀，有圓柱形 (Round)、正方形 (Square)、矩形 (Rectangle)、斜方形 (Rhombus)、六角形 (Hexagon)、八角形 (Octagon) 等及其他種種複雜之形狀，然以其形之簡單者為良，普通多採用圓柱形或矩形。圓柱形之木理需通直。最初之木鋪路使用者為圓柱形，已屬舊式，其後加以種種改良，如第 139 圖所示之六角形、八角形、斜方形、矩形等之進

步形狀。此種鋪道因馬之駐足不良，故於坡路，可用如第139圖(f)之有溝形等。



如上述種種形狀之木塊，各有其得失，以圓柱形造成鋪面時，駐足雖良好，但因為圓形，故木塊之移動多，為馬之駐足及防止移動計，而試用切去緣稜之八角形或六角形，此形用於木鋪路，雖最為良好。但其工作複雜，有增加費用之缺點。有鑑於此，故改良六角形為四角形，但其工作費之減少不多，結局現今多用如磚形之改良簡單形狀。

第二、鋪木塊之大度

鋪木塊之大度，與石塊鋪路之依石塊大小之得失同樣，依馬之駐足，滑度之輕減及鋪木之磨減等而受限制。在歐洲，若用矩形者，其大度以寬 76.2 mm (3") 長 228.6 mm (9") 厚 152.4 mm (6") 為普通，而寬度狹小木塊之利點，鋪道平滑時，其駐足良好及增加其安定之度是也。採用圓柱形木塊時，以直徑約 152.4 mm 者為宜。然是等木塊，雖特別增加其厚度亦無利益，蓋鋪木路，通例經 6 年之磨損後，若不加以大修繕，難保路面完全良好故也。在此鋪面築造之初期，概使用大形者，但於現今，漸次改良為小形，由馬之駐足之點思之，最大寬度，以 9.0 cm 為宜。又長度若過長時，則鋪木難保其穩固，普通採用 15.2 cm 內外。至其厚度，依鋪木之磨減程度而不同。普通採用 7.6 cm 內外。第 80 表，乃日本東京市使用之尺寸，第 81 表，乃橋梁上使用之尺寸，此不過其一例也。

第 80 表

東京市之鋪木尺寸

種目	長度		寬		高度		備考(磚形)
	m.m.	寸	m.m.	寸	m.m.	寸	
一號	151.5	5.0	90.9	3.0	106.06	3.5	檜
二號	151.5	5.0	90.9	3.0	90.7	3.0	赤松、美松、落葉松、
三號	151.5	5.0	90.9	3.0	90.9	3.0	美松、

第 81 表 橋梁鋪面用鋪木之尺寸

種目	長度		寬		高度		備考(磚形)
	m.m.	吋	m.m.	吋	m.m.	吋	
1	200.0	$7\frac{7}{8}$	73.0	$2\frac{7}{8}$	76.2	3	杉、美松
2	395.6	$4\frac{6}{8}$	73.0	$2\frac{7}{8}$	76.2	3	
3	479.2	$5\frac{6}{8}$	73.0	$2\frac{7}{8}$	76.2	3	

第三、材種及材質

鋪道用木材之理想材料，大概應滿足次述之諸條件。

- (1) 鋪木用材，原則上須為少用於房屋建築之材，且產額多，無論於何處得自由採用，且其價廉。
- (2) 木質強韌，木理緻密而通直，秋之材料率多，無死節、大節、弛節、割裂、脂孔、樹心及傷痕等。
- (3) 平行於幹軸方向之耐壓力大，且其強度一樣。
- (4) 磨滅抵抗大，且其磨滅狀態均一。
- (5) 因水分乾濕之伸縮度小。

- (6) 不含樹液，鋪設後防腐劑之保存良好，濕蝕度小。
- (7) 富於樹脂。
- (8) 木質較硬，不因天候而起滑度之變化。
- (9) 鋪木形正，合於規定尺寸形狀。

上記九項中，材質之硬軟孰良，難得一概斷定之，各有利害，失之過硬，則鋪面易滑，失之過軟，則依乾濕之伸縮及磨滅，一般有較大之傾向。

鋪木使用之樹種，各國不同，歐洲主用松及樅 (Fir)，英國使用樅、黃松 (Yellow Pine)、及櫟 (Beech)，尤多用松類，美國使用黃松，脂松 (Pitch Pine)、紅杉 (Red Cedar)、白杉等，而以松類為最良。又於美國南方諸州，則多用扁柏及杜松之類。日本使用松、檜、櫟、落葉松、美松之外，尚使用澳洲產鐵樹 (Jarrah) 等。

上記中，鐵樹之木質極硬，因之磨滅抵抗甚大，然其滑度大且價高，則其缺點。比於此，硬度較軟而木理亦密之杉、柏、松等，有適當之磨損，駐足較良。又櫟於伐採之時，雖無十分硬度，一旦乾燥之後，與硬木有同樣之硬度，且不適於房屋建築用，鋪木用材之適宜者也。但櫟於伐採後，若不即刻抽出其樹液，則樹液易生變化，故有規定於伐採後二星期以內，須抽出其樹液者。其次美松之抗壓強度、硬度、磨滅抵抗，俱較櫟小，其膨脹率亦大，但其防腐劑之保存頗良好。一般富於樹脂者，腐蝕較緩，故適於用。(參照第三節)

第三節 鋪木塊之檢查

購買多量之鋪木時，須行種種之檢查而使用其合格者。鋪木之檢查法有二種，今就日本大阪市之檢查實例而說明之。

1. 原材檢查

原材檢查，鋪木之寬、長、高、隅角之正不正及外觀之材質即年輪、秋材率、節、腐、裂痕、木塊中部有無樹心等之一般外觀之檢查是也。其檢查法如次。

由產地購入充分除去樹液且已乾燥之鋪木製造用原材，其斷面形約為寬 151.5 mm，厚 30.9 mm，長 3,333 m 內外之市場形狀，送於製造工場，削去其隅角之不正處，與橫切斷機，將此一根之長材切成 5 個連續之鋪木，更以完成機一一切斷完成之。其能率一分間約 50 個內外，一日之有效能率約 20000 個。其次造成與鋪木 5 個連續長有同斷面積之木樁，於其兩側刻鋪木 5 個之高度（鋪木路築造規格所許之尺寸亦刻入之），使鋪木 5 個通過此木樁而判定其尺寸之正不正。其次由他之一人，將此尺寸合格之鋪木，一一反覆其六面而檢其材質。

2. 注藥檢查

施防腐劑於鋪木之方法，有壓力法及浸漬法。現今殆專用前者。今就日本大阪市之壓力注入法而記述之。

滿載原材檢查合格之鋪木約 1400 個左右於鋸製運搬車中，秤量之，如斯七輻之車，同時押入密閉於直徑 1.37 m 長 16.2 m 之鐵製圓筒內，30 分間排除空氣至 63.7 cm，使其降壓後，導入 70°C 之煤青油 (Creosote Oil)，油量約達圓筒內之半時，中止其排氣，更續行油之導入，至油充滿圓筒時，更以注藥加壓幫浦

(Pump)導入之，至壓力達於 19.7 kg/cm^2 止，約須30分之時間。然後1.5小時續行之，其後更約15分間排氣至51 cm。使其降壓，後更續行排氣，完全排除其油液。然後開扉，由圓筒內連車曳出其木塊，再秤量之，測定與前秤量之重量差，檢查其注藥量是否合於規格。注藥量依日本東京市之規格，每一立方尺10磅($\doteq 162.9 \text{ kg/m}^3$)，大阪市規格，每一立方尺12.5磅($\doteq 203.7 \text{ kg/m}^3$)，又由注藥完了之鋪木每1000個中，抽出其七個，破之而檢查其注藥量之完全與否。此項工作，若用圓筒二個時，一日有4萬至5萬個之注藥能率。

3. 鋪木試驗報告之概記

(1) 原材抗壓試驗

- (a) 強度順、鐵樹、福建松、美松、檜、赤松。
- (b) 強度大概約 350 kg/cm^2 。
- (c) 年輪數大概每3 cm 12。
- (d) 秋材率大約30%。

此項強度，一般與含水量之多少有重大之關係。又年輪數未必正比例於強度，而正比例於秋材率之大小。

(2) 注藥材之抗壓試驗 注藥材比於原材稍大，不比例於含油量，而與秋材率大有關係，木材不十分乾燥時，其強度有成爲較弱者。

(3) 原材硬度試驗 硬度雖依樹種而不同，但一般闊葉樹材比針葉樹材較堅硬。又白色者比於赤色者較軟，即關係於細胞之內容物及含水量。與年輪數及秋材率之關係，則不如抗壓試

驗之確然。

(4) 原材磨滅試驗 由磨滅量之大者而列說之，則為赤松、福建松、美松、檜之順列。以此與硬度試驗之結果對照之則如次。

硬度(由大至小) 檜、赤松、福建松、美松、

磨滅量(由小至大) 檜、赤松、福建松、美松、

(5) 吸水及膨脹試驗 一個月間之吸水率約為 25%，依赤松、福建松、美松、檜、落葉松、鐵樹等之順列而遞減。

一個月後，其吸水率雖低下，但仍不停止。次檢查其膨脹之最大，於長面則依檜、美松、福建松、赤松、鐵樹之順位。於寬面則依美松、福建松、檜、落葉松、赤松、鐵樹之順位。於其高則無考慮之必要。膨脹率，於 30 日間，富於變化，其膨脹雖依樹種及伐採法而不同，但大概於 21 日間至 28 日間，為最顯著。又觀吸水率與膨脹之關係，其膨脹率未必與經過日數成正比例。換言之，即膨脹未必相伴於吸水速度，普通於一個月至二個月間，停止膨脹，以後不過僅增加其吸水量。

(6) 注藥材之吸水及膨脹率 吸水率，於一個月，檜平均為原體積之 15%，美松平均為 14.3%，更比較試驗體之藥液含有量，檜平均每七個為容積之 18.35%，美松平均為 29.77%。故藥液含有量較多之美松，反呈吸水率較小之奇現象。又膨脹率，美松比檜較大。

(7) 煤青油(Creosote Oil)之注入試驗 普通依壓力注入法施行之。取試驗體十個而檢其煤青油之滲入量，最小為 187.g.

最大為 347.g., 即平均為 269.g.。然檜鋪木一個之滲入量為 375.g., 故對照於日本東京市之規格, 勉強達於合格之域。此注藥量之影響, 大有關係於煤青油之善惡及鋪木溫度之大小。

(8) 蒸發及收縮試驗 一個月間放置於屋外之檜, 最初雖平均使其含有 233.g. 之煤青油, 而平均有 110.g. 即 47.14% 之蒸發。美松平均含有 394.g. 之煤青油者, 平均有 135.g. 即 37.09% 之蒸發。次觀其因蒸發之收縮率, 美松因此檜小, 故理論上當呈反對之現象。

(9) 藥液注入之伸縮試驗 木材依藥液之注入, 亦發生膨脹, 而年輪之方向與其膨脹率, 有密切之關係, 今就鋪木 5 個之平均而檢其膨脹率, 有如次表所示。

第 82 表

木塊之狀態	於長面	於寬	於高
年輪垂直於長面者	0.332%	0.083%	0.019%
年輪平行於長面者	1.036%	0.120%	0.929%

第四節 木塊鋪路之構造及鋪設法

第一、總說

圓筒形木塊鋪路, 普通以杉造成之, 故有杉塊鋪路 (Cedar Block Pavement) 之名。此鋪道使用之木塊, 多不施防腐劑, 而設置於板基礎上。於歐美, 至 19 世紀之末期, 因木材豐富, 圓形木塊鋪面, 多採用於價廉之地, 現今則少用之, 以其基礎與木塊

之耐久力俱小，且易腐蝕故也。

矩形鋪木鋪路，普通使用磚形之木塊而施以防腐劑，外國之木鋪路，大多數皆屬於此，此鋪道一名木磚鋪路 (Wooden Brick Pavement)。此鋪面之耐久力大，耐於頻繁之交通及重載重之通行，但易滑，且其鋪面為可燃質，則其缺點。

第二、圓筒形木塊鋪路

第 140 圖所示，乃此鋪道構造之代表型，木塊普通使杉製成之。其構造先輾壓路床，使其緊實，於其上設置厚砂褥或礫石基礎，更於其上處處配置小木塊，以之為土台而造成厚層之木板基礎，在此基礎上，盡量密排木塊，以砂或細礫石填充其鋪面之空隙，而使其鋪面堅固。此鋪道使用之木塊，多不施防腐劑。

圖 140 圓筒形木塊鋪路

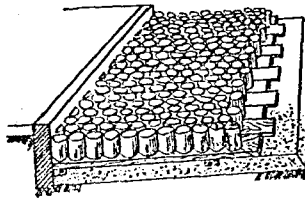


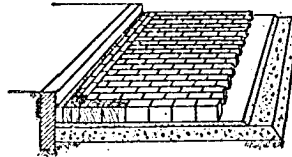
圖 141 詳細斷面



第三、矩形木塊鋪路

矩形木塊鋪路，乃以施防腐劑之磚形木塊，鋪設於基礎上，此鋪道與磚鋪路同，築造於優良之基礎上，普通一般多採用之。第142圖其一例也。

圖 142 矩形木塊鋪路



第四、木塊鋪路之縱斷坡度

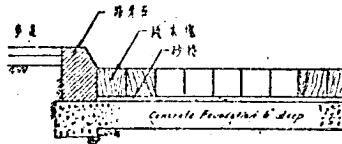
此鋪道之最大坡度，約為 8%，若鋪設此鋪道之坡度為 8% 時，則於天候不良之際，其滑走之度較大，致惹起事故，故於如斯坡度之地，每於鋪面撒布砂以防止滑走。因之不免增加維持費。故於 4% 以上之坡地，以不鋪設此鋪道為良。於傾斜 8% 以上之坡地，則或用特種有溝木塊，或造成廣大之接縫，務使其踏足良好。

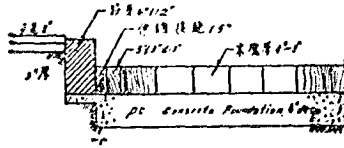
第五、橫斷形及橫斷坡度

此鋪道之橫斷形，普通採用雙曲線，橫斷坡度雖依縱斷坡度，之大小而不同，普通約為 1:60。

次示木塊鋪路橫斷面圖之二種如第 143 圖。

圖 143 木塊鋪路之橫斷形





第六、路床

路床之築造法及其形狀，與磚鋪路之情形同樣，此處不贅述。

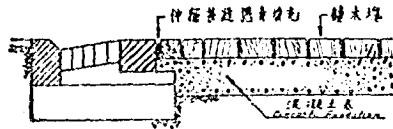
第七、基礎

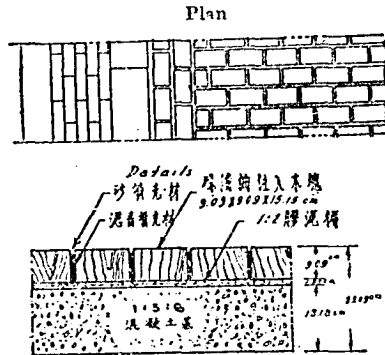
普通用混凝土基礎，此外或利用舊鋪面為基礎，或整齊切去舊鋪木路木地磨滅之部分，鋪設之以為基礎者。又於歐美，屢屢使用碎石或礫石基礎。

一般塊鋪裝面，其各塊各分別傳達載重於基礎，故基礎非強固不可。

在日本，主採用混凝土基礎，其厚度雖可由某氏計算上之基礎厚而推定之，但有約 127.0 mm (5") 至 177.8 mm (7")，則充分也。普通用 1:3:6 混凝土築造為 152.4 mm (6") 厚。茲示東京市之標準如第 144 圖。

圖 144 日本東京市木塊鋪路之標準構造
Cross Section





第八、褥層

木塊鋪路之褥層，與磚鋪路之情形，具有同一之目的，乃必要而不可缺之物。其材料亦使用砂、乾膠泥及瀝青等。

(1) 砂褥 砂褥雖不適於木塊鋪路，以其價廉，亦有採用之者，於路床上均一撒布厚約 25.4 mm (1") 至 50.8 mm (2") 之乾燥砂，以重量較輕之手滾子輾壓之，然後於其上鋪設木塊。砂褥之厚度，現今採用較薄者，有造成 25.4mm. 以下約 19.05mm. ($\frac{3''}{4}$) 之傾向。

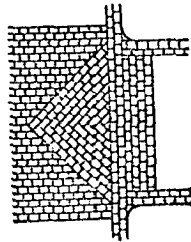
(2) 乾膠泥褥 此褥層於基礎混凝土殆硬化之後，依所設之橫斷形木殼 (Form)，鋪設厚約 1.27 cm ($\frac{1''}{2}$) 之 1:3 乾膠泥，以手滾子輾壓之，於其上鋪設木塊。此時之乾膠泥，不如磚鋪面時之得依接縫膠泥之水分而化為普通膠泥，故不得不使有硬混膠泥之程度。膠泥褥未硬化以前，不得開始交通，此則使用此褥層之鋪道之缺點也。

(3) 瀝青褥 欲施瀝青褥之前，混凝土基礎，須使與路表完成面有同一之橫斷坡度，於可能範圍內，依所設木殼，正確搗固完成之，其尚不充分，於基礎面有凹凸時，敷設厚約 1.2 cm 以下之 1:2 膠泥，以鐵錘或手滾子平滑完成之，待其完全硬化後，以水掃除其表面，更俟其充分乾燥後，乃為瀝青施設之準備。然後浸鋪木塊下部厚約 3. cm. 程度之部分於攝氏 150 至 170 度之高溫溶解柏油或土瀝青液中，使其均勻附着，且無氣泡，即刻鋪設於乾燥準備之基礎上。此種褥層，乃近代進步之施工法，其利點在能防止雨水滲透於基礎。但施工基礎，須以充分慎重之注意完成之，使無不平。

第九、鋪木塊之鋪設及排列方式

鋪木塊與磚鋪路之情形同樣，以長面垂直於路牙而排列之，長面接縫相通，小面接縫，於長面使約有二分之一之相差。接縫寬，則用依接縫寬而造成之定規板以整頓之，更依橫斷形木殼，鋪設木塊，使有規定之橫斷形。木塊鋪路之接縫寬，除有特別情形地方之外，普通約為 3. mm. 至 4.5 mm.。

圖 145 交叉點木塊鋪設之一例



街路交叉點之木塊排列方式，與磚鋪路同，第 145 圖，其一例也。

第十、伸縮接縫

此鋪道，因使用伸縮率較大之鋪木，故對於伸縮接縫，應有慎重之注意。此鋪道之接縫，設橫斷及縱斷之兩接縫，使鋪木之伸縮自由。其間隙依鋪木之伸縮率而決定之，依第三節概記之試驗報告，對於鋪木長面方向，約為 1% 以上，對於寬面，約有 0.12% 之伸縮率。依日本東京市之工事規格，縱斷伸縮接縫之標準，則如次表。

第 83 表 縱斷伸縮接縫標準間隙

鋪道寬	伸縮接縫寬	備考
m. 5.454	mm. 60.60	鋪道寬每增
7.272	75.75	加 1.818m.
9.090	90.90	則增加 15.15mm.
10.909	106.06	之接縫寬
12.727	121.21	
14.545	136.36	
16.363	151.51	
18.181	166.66	
19.999	181.81	

第 83 表所示之標準接縫寬，沿鋪面之步車道或軌道等之境界石而設置之。

又關於橫斷伸縮接縫，有每縱斷距離 15.15 m.，須設 15.15 mm. 之橫斷接縫之規定。

接縫填充材，注入加熱溶解之瀝青或插入瀝青紙。

第十一、輾壓

叮嚀排列鋪木塊之後，以 3 至 6 噸之坦德姆輾壓機，由路面之一側，平行於道路中心線，以緩速度，開始輾壓，漸次及於路心。又路面突出物如人孔等之周圍，輾壓機不能到達之處，則另以重量 22.6 kg. 以上之搗固器，置厚板於路面，人立其上而行搗固。

以輾壓機行輾壓時，其輾跡與輾跡，務使約二分之一相重合，一處之輾壓，非經一往復後，不得移於他處。

第十二、接縫材及其填充

接縫填充材，使用膠泥、柏油、土瀝青 (Pitch)、瀝青及砂等。

(1) 膠泥接縫填充材 以水泥膠泥注入於接縫中時，則需相當寬大之接縫，否則膠泥不能充分流入於接縫內，若多用水混合膠泥時，則砂與水有分離之傾向，難得良好之結果。又交通非待膠泥硬化後不能開放。

(2) 砂接縫填充材 砂接縫填充材，於昔時雖有使用之者，但於現今，因其富於滲透性，故多不採用之。於此使用之砂，須做細乾燥不含有機物，以粗帚掃入於接縫內，後更置厚約 1.27 cm ($\frac{1}{2}$ ") 之砂層於表面，許可交通，依交通更押入砂於接縫內，然後其不能押入之於接縫內之表面浮砂，則叮嚀掃去之。

(3) 瀝青填充材 以加熱溶解槽，於攝氏 90° 至 177° ，加熱溶解柏油、土瀝青、或瀝青等，以金屬網撈取其夾雜物而造成瀝青水泥，移於接縫注入器中，至木塊高度一半之程度，分數次注入之，此時須注意使瀝青不附着於木塊表面。所餘接縫之上半部，則以乾燥清淨之砂填充之，後更鋪薄層砂於表面，開放交通，依交通更行接縫之填充。

對於瀝青之加熱溶解，宜使用無煙煤，於市街工事，尤其必要。

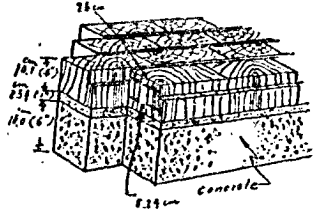
於木塊鋪路，使用瀝青填充材之利點，在防止水分之滲透，從而得減少鋪木之膨脹，此外鋪木全面，得伸縮自由。現今主使用此種接縫材。

第五節 坡地之木塊鋪設法

木塊鋪路，雖受少量之濕氣亦易滑，縱僅 3% 至 4% 之坡度，亦有滑走之傾向。故於 8% 以上之坡地鋪設時，因求踏足之良好，使用有溝木塊，間接造成木塊鋪面。此種木塊，乃切取長面上部之一側角為深 $3.8 \text{ cm.} \left(1\frac{1}{2}''\right)$ 寬 $0.64 \text{ cm.} \left(\frac{1}{4}''\right)$ 而成者。但於現今，由經濟上，於寬 $5.1 \text{ cm.} (2'')$ 厚 $0.8 \text{ cm.} \left(\frac{5}{16}''\right)$ 之木片，施防腐劑，挾於木塊之間，使其接縫，稍廣於普通之接縫寬，填以瀝青水泥，次於其間接之部分，填以加熱碎石，於其空隙，更注入瀝青水泥而造成鋪面。此鋪面木塊之鋪設，長面接縫使垂直於緣石，其橫斷坡度，使為 $1:80$ 至 $1:100$ 。

圖 146

坡地用有溝木塊



第六節 鋪木路之得失

1. 得點

- (1) 鋪面耐久力大。
- (2) 牽引抵抗小。
- (3) 適於一切種類貨物之通行。
- (4) 5% 之坡度以下，得築造為普通構造之鋪面。
- (5) 鋪設於不滲透性之基礎上時，少有泥土及塵埃之發生。
- (6) 鋪木之敷設簡單，敷設費低廉。
- (7) 不發聲音。
- (8) 木質固有之彈性，俾通行人及馬畜感覺爽快。

2. 缺點

- (1) 鋪面吸收含動物排泄物之水分時，於晴天發散，稍碍衛生。(不覺重大)
- (2) 雨天時易滑。
- (3) 難造成不滲透性之鋪面。
- (4) 因鋪木之伸縮，步道與車道間之緣石，易於移動。

- (5) 不適於急坡度地之鋪設。
- (6) 一旦發生火災，則火延燒於鋪木，有擴大其災害之傾向。

第七節 木塊鋪面之損壞原因及其保養方法

木塊鋪路破壞原因之主要者如次。

- (A) 因基礎厚之不足及施工之不良，路面發生凹凸而致破損。
- (B) 接縫材之不良及施工之不完全，基礎上鋪木之鋪設不安定，或使用不良木塊時，因重載重之通過，以致木塊拔出或位置移動。
- (C) 因伸縮接縫之不完全，及防腐劑之失去而發生鋪面之膨起。
- (D) 因乾燥期木塊之收縮而發生接縫弛緩。
- (E) 因路面磨滅而生破損。

上記諸種之外，尚有因怠慢路面之掃除而發生者。

上記數項之中，如(B)之情形，鋪木拔出時，須即刻修理之，否則終致鋪面全體弛緩，決非可等閑視者也。例如使用砂接縫材，此砂因大雨而被流去時，須於表面撒布砂以補充之。又木塊因載重之通過而拔出時，須調查其原因而行更換鋪設。如(D)木塊一般弛緩時，則撒水亦一法。其次路面全體磨滅時，則取去重新鋪設之。

第八節 工費

如次記設計時，其材料每平方公尺之用量如第 84 表。

- (a) 基礎厚 19.7 cm，混凝土配合 1:3:6。
 (b) 褥層膠泥配合 1:3，厚 0.91 cm。
 (c) 鋪木尺寸大小二種，甲種 16.0 cm × 9.1 cm × 10.0 cm，
 乙種 15.1 cm × 9.1 cm × 9.1 cm。
 (d) 鋪木注入煤青油量，每鋪木一個 0.27 公升。
 (e) 接縫寬 0.45 cm，木塊下部深 6.1 cm，使附着瀝青，
 接縫填充材，注入土瀝青及石粉之混合物，其殘部 4.0
 cm，則以砂填充之。
 (f) 每平方公尺材料用量如第 84 表。

第 84 表

材 工 種 料	單 位	基 礎	褥 層	表 裝	備 考
人造水泥	桶	0.24	0.015	—	
砂	m ³	0.09	0.018	0.0018	
礫石	m ³	0.18	—	—	
鋪木	個	—	68	—	
瀝青	kg.	—	—	4.80	
土瀝青	kg.	—	—	1.18	
石粉	kg.	—	—	1.18	

史地叢書

謝彬著

中國鐵道史

第一冊 二元

者，允宜手此一編。

本書搜集關於中國鐵道之史實，凡中國鐵道建築之淵源，鐵道外債之糾葛，各國對於中國鐵道建築權之侵佔，以及國有民有公司之利弊，路政立法之得失，靡不綱舉目張，指陳頗為詳盡。全書都三十餘萬言，為中國鐵道史空前之巨製。凡留意新中國之建設者，

冊

本書共分十七章，約十餘萬言。舉凡古今郵電沿革及航空狀況，靡不搜集詳盡。文字透澈，敘述明暢，而於主權之得失，尤再三致意焉。欲明瞭中國之郵電航空事業者，當一讀此書。

一元

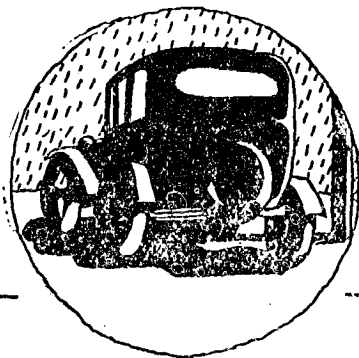
中華書局發行

中國郵電航空史

中0180(全)

22,9.

中華書局發行



▷ 常識叢書 ◁

摩托車與道路

吳山·陸傑夫編 一冊五角

是書共分四章：第一章緒論，第二章汽車構造，第三章道路，第四章結論。舉凡汽車構造，種類，選擇，駕駛，管理等各種精深的知識，道路與經濟，文化，實業之重要的關係，暨築路最經濟的方法，均詳加論列。

駕駛汽車法

吳琢之編 一冊二角半

本書內容分十五章：凡汽車各部之名稱，位置，功用，並機件的裝卸，審查，保護，修理，清潔，駕駛步驟等法，均詳細說明，末附各項開車章程，及領取駕駛汽車執照之種種手續，誠為練習駕駛汽車者之良師。

中華書局出版

方程式論

〔算學叢書之二〕

Florian Cajori 原著

倪德基譯 一冊一元二角

是書爲美國 Florian Cajori 原著。內容包括各種代數方程式之性質、解法等，論證精詳，爲已習初等代數、幾何、三角及解析幾何，而欲更進一步研究高等算學者，不可不備之參考書。

微分學

段子燮 何魯編 一冊一元

本書著者爲吾國教育界素負盛名之算學專家；因鑒於近今各學校所用算學教本，大都採取西文原本，難免程度不合及前後不相銜接之弊；爰本多年研究心得，與平日教授經驗，著成是書，以供國內各大學教學之用。全書分上下兩編：上編十二章，述微分原理，包括一切；下編五章，論微分應用，詳備無遺。選材審慎，編制完善，凡已習大代數及解析幾何，而欲進習高等分析算學者，不可不讀。

譯合吾任徐·芝幼嚴·然光仲

學何幾面平S三

Schultze, Sevenock, Schuyler: Plane Geometry

一元七角 冊

Schultze, Sevenock, Schuyler 三氏共同合著之 Plane & Solid Geometry，其地位與二十年前之溫德華氏幾何學相仿，在我國銷行極廣。此為平面部分，出版以來，各地學校紛紛採用，譯者並將本書在上海中學試教數年，甚為滿意。可作中等學生幾何教本及與原文對照參考之用。

冊一角 學何幾體立S三

Schultze, Sevenock, Schuyler: Solid Geometry

本書與平面部分相銜接。其中所選之材料，都是原編者自己認為最滿意的作品，可說是他們的心血結晶。說理很嚴密清楚，選材適當頗備興趣。教的人容易教，學的人容易學，比較別種任何教本，有不可磨滅的優點。凡已經習過三S平面幾何學者，固不可不備此書，以收聯絡貫通之效；而未讀前書者，尤宜一併採購，俾教學雙方，均感便利而有益也。

行發局書華中

民國二十三年十一月印刷
民國二十三年十一月發行

中華學藝社
學藝文庫

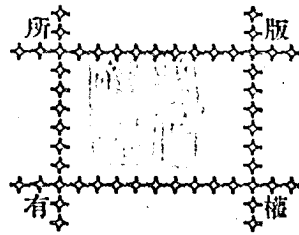
近世道路工程學 (全一册)

◎

定價銀一元六角

(外埠另加郵匯費)

滿天



著者 袁汝誠

發行者 中華書局有限公司
代表人 陸費逵

印刷者 上海靜安寺路
中華書局印刷所

總發行所 上海棋盤街 中華書局

分發行所 各埠 中華書局

(八一四三)

