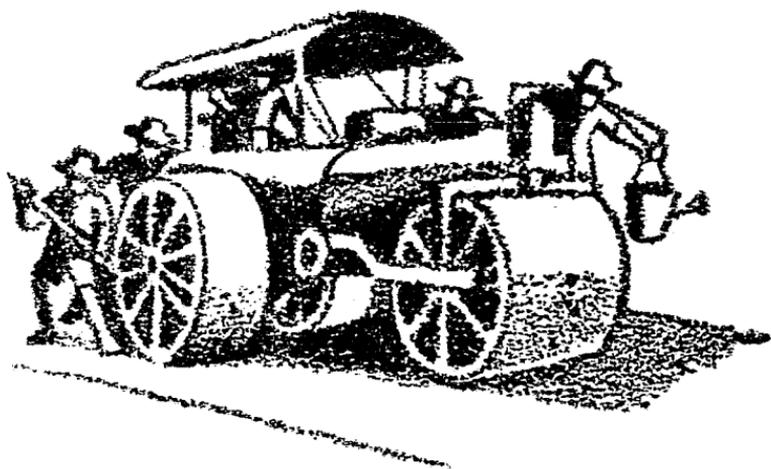


道路工程學

陸 國 樑 著
廖 慰 慈 校



世界書局印行

442.1
390

道路工程學

陸國樑 著

廖慰慈 校



世界書局印行

王 序

我國之提倡建築道路也，輒自民初，屈指亦幾二十餘載矣。政府高呼於前，民衆贊助於後，上下矚目，蔚爲要圖。夫一國之有道路，猶全身之有血脈，某部血運，如不流通，則其結果，非至麻木不止。國無道路，爲之交通，則其各省市，亦勢必各自爲政，而不相關聯。是故道路足以縮短其行程，統一其思想，傳播其文化，交換其習尚，健全其國防，修明其內政。宜乎各國莫不盡力於此，而尤以我國之需要爲最切，此我先總理所以有全國十萬英里道路之主張也。陸君國樑，好學深思，對於道路之學，素有研究。邇更博采羣書，搜羅見聞，而輯爲道路工程學一書。脫稿後，承以書見示，並囑進言以爲之序。欣閱一過，覺其間關於道路學識，以及設計等應有之文，罔不條分縷析，而詳述無遺，誠今日道路工程學之善本也。近世科學昌明，建築道路之法，推陳出新，一日千里，倘能迎頭趕上。而與歐美相頡頏，詎非快事哉。他日者，百業之振興，城市之繁榮，國家之強盛，民間之富庶，胥賴乎是，余有厚望焉。

中華民國二十九年春

王壽寶序於之江大學工學院

59258

59258

例 言

1. 本書可供高級工業職業學校教材暨大學道路學及道路設計參考之用。
2. 本書編制以原理與實用並重，故於各項原理詳細分析後，即將各項限度，如縱坡度，豎曲線，平曲線，寬度及路冠等項，均遵照國道標準及規則及國內外各重要城市之道路規則，將其合適吾國情形者充分收集，以供實用及設計之參考。
3. 工程經濟，道路測量，排水及護岸工程暨土工各項，實為各同學入工程界服務之基本工作，而各書均少注重，尤對土工之計算及質量曲線等更無論述。為此本書除詳述原理之外，並將各項工作及計算方法詳細闡述，再用圖表舉例說明以敷實用。
4. 本書為求讀者對各種路面深切明瞭起見，均以定義、厚度、路冠、材料、剖面圖、築造法、特性及繕修保養之法，作分條表格格式之敘述與討論，實為本書初次之嘗試。至於各種路面之比較，則於“各種路面式樣之選擇”一章中，在各項考慮點下詳述之。
5. 吾國對各種工程上之度量衡制度雖有標準制之頒佈，然實際應用英美制者仍極普遍。本書為顧全雙方起見，於各項公

- 式、圖表、例題等均將兩制並列，以適應用。
6. 本書分章二十有二，插圖及照片百餘幅，各項附表除附於有關材料之處外，再於卷末附錄曲線之半徑及英美制與標準制之單位互換等表以助計算之用。
7. 本書係課餘完成，雖經再三酌斟，然以忽促付梓，謬誤之處，在所難免，尙望海內高明，不吝賜教是幸。承蒙廖師慰慈校訂，暨王師壽寶賜序，特此一併致謝。

陸國樑識

中華民國廿九年四月之江大學

目 錄

第一章 概論	1
第一節 道路之起源及其重要性	1
第二節 道路之分類	3
第三節 研究道路工程之範圍	4
第四節 道路之一般形式	5
第五節 道路對行車之影響	6
第二章 工程經濟	8
第一節 道路工程費之含義	8
第二節 工程費徵收之原則	8
第三節 工程費之來源	9
第四節 舖砌街道之特殊徵稅	9
本章例題	10
第三章 道路測量	14
第一節 總論	14
第二節 踏勘測量	14
第三節 初測	16
第四節 定線測量	19
第五節 施工測量	22
第六節 驗收測量	27

第四章 道路車輛之牽引阻力及牽引力·····	28
第一節 牽引阻力·····	28
第二節 車輛之牽引力·····	37
第五章 縱坡度·····	41
第一節 概說·····	41
第二節 車輛最適宜之升坡·····	41
第三節 車輛最適宜之降坡·····	43
第四節 車輛最大坡度之經濟原理·····	44
第五節 最大坡度之力學原理·····	45
第六節 用獸力牽引車輛所遇最大坡度之原理·····	46
第七節 道路之最大坡度·····	47
第八節 平曲線部分之縱坡度·····	48
第九節 其他部分之縱坡度·····	49
第六章 豎曲線·····	51
第一節 豎曲線之意義、用途及種類·····	51
第二節 視距·····	51
第三節 不設置豎曲線之最大坡度變遷·····	52
第四節 弧曲線之最小半徑·····	54
第五節 凹地之豎曲線·····	55
第六節 豎曲線之長度·····	56
第七節 拋物線之豎曲線計算法·····	57
第七章 平曲線·····	61

第一節	平曲線之意義、用途及種類	61
第二節	曲線彎曲率之單位及其各部之計算法	62
第三節	平曲線彎曲率限度之原理	66
第四節	平曲線之最小半徑	69
第五節	超高度	70
第六節	道路平曲線部分之加寬	72
第七節	緩和曲線	74
第八節	曲線之其他規定	75
第八章	道路之寬度	77
第一節	概說	77
第二節	路界之寬度	77
第三節	車道之寬度	78
第四節	街道之寬度	82
第九章	路冠	85
第一節	路冠之意義、用途及種類	85
第二節	決定路冠大小之原理	86
第三節	各種縱坡度及路面材料之路冠	87
第四節	路冠總高度之計算	88
第五節	路冠之設置法	90
第六節	人行道之橫斷坡度	93
第十章	土工	94
第一節	概說	94

第二節	實施土工之道路橫剖面·····	94
第三節	土工計算·····	96
第四節	填土特性·····	104
第五節	質量圖·····	106
第六節	挖土施工·····	109
第七節	運送·····	110
第八節	填土之基地·····	111
第九節	填土施工·····	114
第十一章	排水及護岸工程·····	115
第一節	概說·····	115
第二節	地面水之排洩法·····	115
第三節	地下水之排洩法·····	124
第四節	涵洞·····	124
第五節	明溝面之保護設置·····	128
第六節	坡面之保護工程·····	128
第十二章	土路及沙土路·····	132
第一節	土路·····	132
	定義——路冠——材料——剖面圖——築造法——特性	
	——討論	
第二節	沙土路·····	134
	定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法	
	——特性——討論	

-
- 第十三章 卵石路.....139
 定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法
 ——特性——討論
- 第十四章 水結碎石路.....143
 定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法
 ——特性——討論
- 第十五章 混凝土路.....147
 定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法
 ——特性——討論
- 第十六章 磚塊路.....156
 定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法
 ——特性——討論
- 第十七章 木塊路.....163
 定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法
 ——特性——討論
- 第十八章 石塊路.....167
 定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法
 ——特性——討論
- 第十九章 瀝青碎石路.....171
 第一節 灌注瀝青碎石路.....171
 定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法
 ——特性——討論

第二節 拌和瀝青碎石路·····	175
定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法	
——特性——討論	
第二十章 片瀝青路·····	177
第一節 片瀝青路·····	177
定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法	
——特性——討論	
第二節 瀝青塊路·····	180
定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法	
——特性——討論	
第二十一章 瀝青混凝土路·····	183
定義——厚度——路冠——材料——剖面圖——築造法	
——特性——討論	
第二十二章 道路路面式樣之選擇·····	187
第一節 經濟之考慮·····	187
第二節 貨運之考慮·····	187
第三節 耐久性之考慮·····	188
第四節 交通安全性之考慮·····	188
第五節 取材之考慮·····	189
第六節 美觀之考慮·····	189
第七節 清除污物之考慮·····	189
第八節 噪音之考慮·····	190

第九節 現有式樣之考慮.....	190
第十節 結語.....	190
附表一 曲線之半徑.....	191
附表二 準標制與英美制單位互換表.....	195

第一章 概 論

第一節 道路之起源及其重要性

道路之起源及其發展——道路爲溝通二地之交通，由人工完成之路線。其起源甚早，蓋自人類有史以來，即有道路之興築，以利相互往還，交際親睦。考吾國古史，道路之正式記載，當推周道。詩云：“周道如砥，其直如矢”。其後賈山至言有云：“秦爲馳道於天下，東窮燕齊，南極吳楚，道廣五十步，三丈而樹，原築其外，隱以金椎，樹以青松。”是足見其時道路已發展至相當程度，惜數千年來，墨守陳法，無何改進，以致落人之後。歐洲道路之發展，遠自希臘，然其最大之改革，當推十八世紀台福氏(Thomas Telford)。自彼發明水結碎石路後，各種道路之改良及發明，始有突飛之進步。

道路之一般重要性——道路爲用之廣，實不言而喻。一國道路建設之良窳，往往即可瞻該國文明程度之高下。就經濟言：因道路之建築，各種貨物易於轉運，供求不調之現象既可避免，相互交易之機會亦必增多，商業因之日趨繁榮。就一般言：交通既便，往返頻繁，都市與鄉間必易聯絡，教育及各種文化事業，自易發展。他如名勝之遊覽，古蹟之欣賞，亦由道路之興築而臻便利。更就軍事言：軍隊之行動迅速，實爲制勝之要道。道路暢通，不但任務易達，且可避免險阻種種困難。道路之爲用，實不勝枚舉。總之，文化愈發



達，道路之改進與建設亦愈大。道路對於國家之貢獻，正與血脈對於人體之作用相同。

道路與鐵路之比較——近世各種交通工具，日見發達，而陸路之交通，尤以道路與鐵路為最盛。鐵路之容量，速率及載重等，雖大於道路，且道路之年齡較短，但道路自有其特點，且情勢所趨，或有勝於鐵路之處，茲擇其大者分述於下：

1. 道路之建築費較小，蓋不必需要大宗款項，即可興築甚長之路線；鐵路則非鉅款不可。

2. 道路築成後，其經常之經營費用較輕。

3. 道路築造時間較速。

4. 道路之寬度，可使相對車輛於任何處均可通過，車輛亦可於任何處駛入或離開，故在短距離行程上應用甚為方便；而鐵路之單軌者，倘遇相對車輛，須於車站方可通過。

5. 就軍事而言，道路因與路邊之土色別甚微，且有樹等庇護。鐵路則軌線甚顯，即易受轟炸，且一旦破壞，亦難以修復，尤以橋梁為甚。道路雖遭破壞，範圍必小，故對交通妨礙甚少，且修復亦易，其橋梁修理，亦不如鐵路之難，必要時，更可用船隻以作臨時渡河之工具。

6. 道路之坡度及轉彎等，其曲度之限制較小，越山過嶺，窮鄉僻壤固可建築，即城中街道，則更相宜，故其應用甚廣。

由上述數端而論，足見鐵路之效用雖大，而道路之需要尤急；鐵路雖能盡長途大量運輸之職，而道路實有相互輔助之功。則今後

道路之發展，必無限量也，明矣。

第二節 道路之分類

1. 以用地所有權而分——依據道路用地之所有權，道路可分為公路及私路二種。公路乃由政府興築，為公家所有；私路由人民將私有土地建築，供公眾或專為私人所用。

2. 以路線選定者而分——由路線之選定者，道路可分為國道、省道、縣道、市道及村道五種。茲分述如下：

(1)國道——由國家因政治、軍事，或經濟上之需要而築，其路線每貫通數省，為交通之幹線，寬度較大，多在 7 公尺 (23 呎) 以上。

(2)省道——由省政府之主管機關選定路線，為省內重要城市，或與鄰省之省會及重要城市之聯絡線。

(3)縣道——由縣政府之主管機關選定路線，為縣內重要市鎮，或與鄰縣之縣城及重要市鎮之聯絡線。

(4)市道——由市政府之主管機關選定路線，為市內之道路，或聯絡別市之道路。

(5)村道——由村會議選定，為一村之道路。

3. 以經營機關而分——就經營者而言，可分為公營及商營二種。前者由政府自築自營；後者即如近年來我國因建設需款，每將道路築成後，抵押與商人，而成為商營之路。

4. 以築路材料而分——建築路面之材料，種類甚夥，其所成

之路面，形式自亦不同。茲就所用材料分爲下列十二種：

- (1)土路(Earth roads)。
- (2)沙土路(Sand-clay roads)。
- (3)卵石路(Gravel roads)。
- (4)水結碎石路(Water-bound macadam roads)。
- (5)混凝土路(Concrete roads)。
- (6)磚塊路(Vitrified brick pavements)。
- (7)木塊路(Wood block pavements)。
- (8)石塊路(Stone block pavements)。
- (9)瀝青碎石路(Bituminous macadam roads)。
- (10)片瀝青路(Sheet asphalt roads)。
- (11)瀝青塊路(Asphalt block pavements)。
- (12)瀝青混凝土路(Asphaltic concrete roads)。

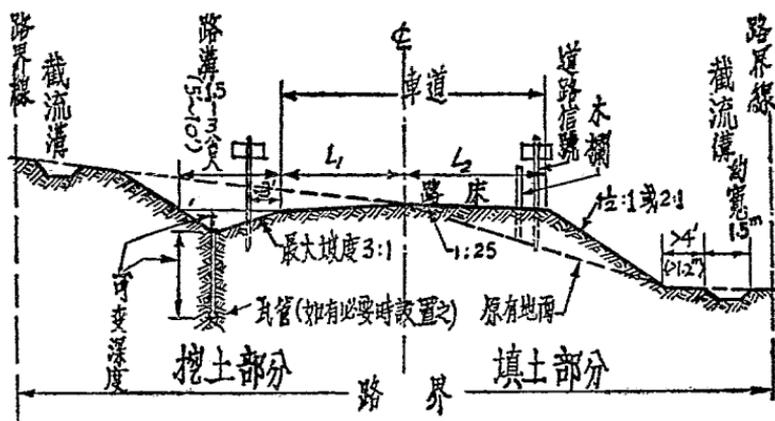
5. 以建築所在地而分——普通可分爲山路，市街路，公園路，住宅路等等。

第三節 研究道路工程之範圍

道路工程之範圍，包含甚廣，舉凡牽引，抵抗，豎曲線，平面曲線，縱橫坡度，道路經濟，道路寬度，橫剖面，交叉，排水及護岸工程，道路測量，土方估計，定線，實施，及各種路面之建築，橋涵等等，皆在研究之列，故對於各種基本原理，吾人皆有首先明瞭之必要。

第四節 道路之一般形式

普通道路之主要部分如第 1 圖所示。



第 1 圖 道路之橫断面圖

1. 車道——行走車輛，為道路功用上之最重要部分。車道中部應向上略拱，兩旁傾斜，以利洩水，其式樣得隨各種材料而異。面層曰路面 (Surface)。其厚度亦隨材料而異。如有二面層者，路面之下曰路基 (Foundation)。

2. 側溝——車道二側，應設側溝 (gutter) 各一，下設排水管，或橫斷路中心之暗渠，以利路面水分之排洩。

3. 人行道——街市道路，於側溝之旁，常設人行道各一，以利行人。在人行道靠近側溝處，有路沿石一列，名曰側石。人行道多用

混凝土板築成。

4. 截流溝——普通鄉村道，公路等，常於路之二側，設截流溝 (Side ditch) 各一，以洩路面及兩側土地之流水，其寬度較大，恆在 1 公尺半 (5 呎) 左右。

5. 其他——道路之其他設備如橋梁，涵洞，木欄，信號等等，視各處之需要而設置之。

第五節 道路對行車之影響

道路之主要目的為行駛車輛。故道路之優劣，與行車所受之影響甚大。如道路凹凸不平，則車輛因與道路起撞擊作用，兩者均受損傷。故道路宜力求平坦。又如道路之支持力不足，如砂土路雨後泥濘之狀態，易使車輪陷沒路中。故道路宜有堅固之路基及路面。且輪徑及輪寬亦不宜過小，否則，即易生車輪陷沒路中之弊。道路與車輪之另一關係，即為兩者間之磨擦力。其大小視各種路面材料而異。如磨擦力大，則車輛所需之推動力亦大。反之，則小。此在比較卵石路與混凝土路二者之磨擦力，即可知行駛車輪所需之力，實有若干倍之相差。道路與行車之另一關係，為道路之坡度。道路之坡度愈大，則行車所費之力亦愈大。就理論而言，如車輛之別種因素相同，則舉高一呎所需之力，適等於平地推行 20 呎以上之力。由此可見坡度所加於行車之損害，是何等巨大。山嶺之區，自難免坡度之應用。但對普通情形，則以少用坡度為宜。平坦地之坡度，以 3% (即路長 100 公尺，路面升高 3 公尺) 為度。山嶺區之坡度則

可增至 5%，或超過之，視經費及其他情形而定。總上所述，行車所受道路之影響，其主要者為道路之凹凸，路基路面之支持力，路面與車輛之磨擦力，及道路坡度之大小是也。故道路宜力求平坦，路面路基宜力求堅實，輪寬及輪徑不宜太狹小，路面材料之磨擦力及道路之坡度宜力求減少。如此，則道路既屬優良，行車受益自大矣。

第二章 工程經濟

第一節 道路工程費之含義

道路之工程費含義頗廣。舉凡未建時之測量，收買土地等；建築時之土工，材料，人工等；及建成後之繕修，保養，管理及路產折舊等費用均應包含在內。故於路線未定前，須儘量搜集材料，以作較正確之估計，而各項費用均須顧及。否則，如僅貪目前建築費廉，而未顧及以後之費用，則保養費易致過大；或以破壞過速而需全部重建，此則不合經濟原則矣。

第二節 工程費徵收之原則

工程費用之徵收法甚多，然其基本原則有下列二種：——

(1) 利益原則 乃按其所受利益之多寡，而分攤造路之費用。普通利益可分下列三種：——

1. 公共利益 (General benefits) 此種利益，係由建築道路而獲得公共運輸之發展，工商業之繁榮及文化事業之興盛等等是也。此種利益可由其地之財產稅計算之。

2. 土地特益 (Special benefits to land) 道路建成後，沿路地價多可增漲，此實由道路所給與之直接利益。此種利益可由土地稅或特種稅收計算之。

3. 車輛特益(Special benefits to traffic) 道路既成,車輛行駛自更便利;或以改進路面,使能適應於某種車輛之需要,或可直接減少車輪之磨損,燃料之消耗等等,此均為車輛之特益。此種特益可由各種車輛之車照費,燃料費等計算之。

(2)負擔能力原則 以被徵者負擔能力之大小而定其稅率,如車照費可隨車價之高低而有不同之稅率是。

第三節 工程費之來源

工程費之來源普通為徵稅,收費,舉債三種。徵稅者多按沿路之財產徵收,參照前節所述之原則而定。收費為徵收特種費,如街道鋪砌費,車照費,運費等,向享受直接利益者徵收之。舉債者如發行公路公債等是也。

第四節 鋪砌街道之特殊徵稅

街道之特殊徵稅多按所受特殊利益而分攤之。此種利益實由街道之改進而生,如街道之修理,檢查等費是。其分派之方法茲分述於后:——

(1)沿路長度法 此法係按沿路財產臨街之長度而定。此法雖易於計算,然沿路產業深淺不一,或有龐大地產而獨不臨路邊者則受益同而不負義務,實非公平之道。故較大之城市不用此法。

(2)面積法 此法係按沿路房產面積之大小而分攤者。計算雖頗簡單,然不計地產是否沿路,且其沿路者亦不復計其寬度,利益義

務殊屬不均。亦非公平之法。

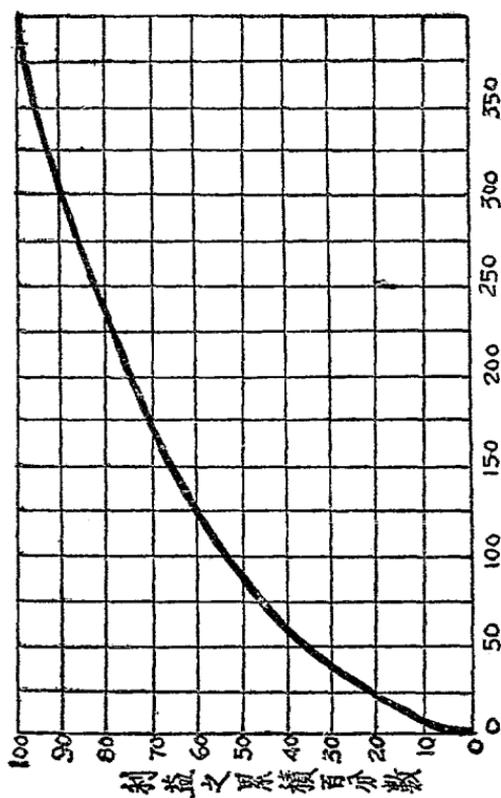
(3)地帶法 此法係按臨路愈近受益愈大之原則而定，將沿路之地產分成若干地帶，復將各帶所受利益定一合理之百分數，再就各百分數分攤稅率。其百分數雖難假定，然如選擇適當，則可兼免前二法之弊，而較公平也。且其計算尚不困難，故應用者頗多。茲特舉例說明之（見本章例題）。

(4)利益因素法 此法原理與上述理由相同，即愈近路邊受益愈大，反之則愈小。離路漸深，其利益之遞減率如何可定，有主張利益之遞減與深度之平方成反比者，有主張依深度之立方成反比者。然此種比率均由人定，製成利益因素之圖表。（如第 2 圖所示），由利益之因素圖而決定某地產應付之稅率。然其計算困難，用者較鮮。

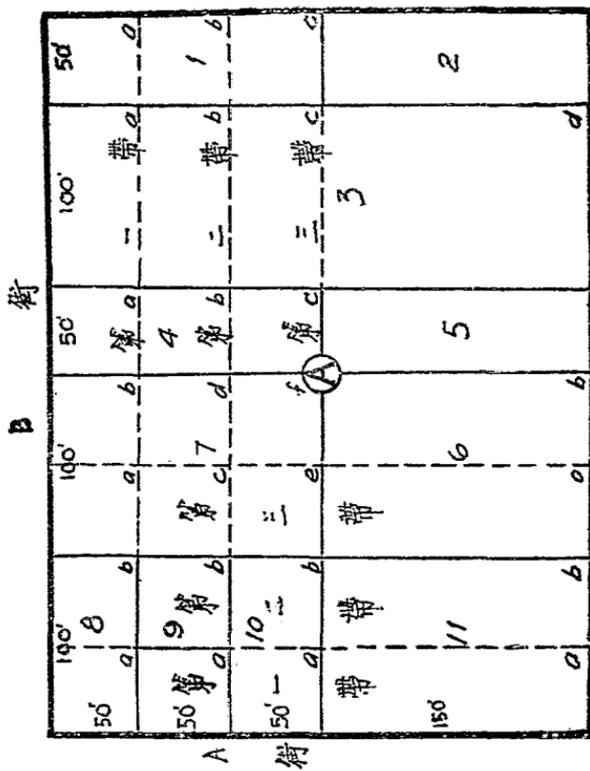
本章例題一 地帶法之計算舉例

茲有如第 3 圖所示之街道：A 街之工程費為二萬九千元，B 街之工程費為四萬四千元，則其路旁產業應如何攤派？

本題之路費攤派率按利益之多寡，將與 A 街平行之地產分成四帶，其攤派率為 50%，25%，15%，10%；又將沿 B 街分成三帶，其攤派率為 65%，25%，10%。將工程費分為二部，左右分攤之。如第 1 表所示。



第2圖 利益因素圖
距離之深度 (呎)



第3圖 A區產業圖

第1表 A區產業徵收工程費計算表

戶 號	分 地	面 積 (呎) ²	A街工程費 徵稅率 元/(呎) ²	B街工程費 徵稅率 元/(呎) ²	A街工程費 稅款 (元)	B街工程費 稅款 (元)	每月總計稅款 (元)
1	a	2500		0.715		1787.50	2750.00
	b	2500		0.275		687.50	
	c	2500		0.110		275.00	
3	a	5000		0.715		3575.00	5500.00
	b	5000		0.275		1375.00	
	c	5000		0.110		550.00	
4	a	2500		0.715		1787.50	2750.00
	b	2500		0.275		687.50	
	c	2500		0.110		275.00	
6	a	7500	0.145000		1087.50		1812.50
	b	7500	0.096666		725.00		
7	a	2500	0.145000	0.715	362.50	1787.50	7312.51
	b	2500	0.096666	0.715	241.67	1787.50	
	c	2500	0.145000	0.275	362.50	687.50	
	d	2500	0.096666	0.715	241.67	687.50	
	e	2500	0.145000	0.110	362.50	275.00	
	f	2500	0.096666	0.110	241.67	275.00	
8	a	2500	0.483333	0.715	1208.33	1787.50	5387.50
	b	2500	0.241666	0.715	604.17	1787.50	
9	a	2500	0.483333	0.275	1208.33	687.50	3187.50
	b	2500	0.241666	0.275	604.17	687.50	
10	a	2500	0.483333	0.110	1208.33	275.00	2362.50
	b	2500	0.241666	0.110	604.17	275.00	
11	a	7500	0.483333		3624.99		5437.49
	b	7500	0.241666		1812.50		
總			計		14500.00	22000.00	36500.00

第三章 道路測量

第一節 總論

選定路線實有關於整個之工程。而工程之建造，保養，運輸均有莫大之關係，故路線須鄭重選定。而選定路線須搜集材料，此則端賴測量矣。且築造及完成時如無測量，則無法興工，驗收。由此可見道路測量之重要矣。

道路測量照理想之手續，應分五部：選線前之踏勘測量 (Reconnaissance survey)，未築時之初測 (Preliminary survey) 及定線測量 (Location survey)，築造時之施工測量 (Construction survey)，及完工後之驗收測量 (Final estimate survey) 是。其中或因手續簡化，故為免除一二部分者亦殊有之。茲將各部分述於后：

第二節 踏勘測量 (Reconnaissance survey)

踏勘測量係於二地間用簡略之方法選出可能之路線，以備詳細測量之用。故其性質甚為重要。需由經驗豐富之工程師擔任之；踏勘時須知其將來路線最大坡度若何？沿路之地形若何？地質若何？路線曲度之數量及其最大土方橋涵之數等等作為比較，以資初測線之選定。

踏勘者選擇路線其標準甚多，普通為路線短，土工少，坡度小，路線直，地質良好。沿河川之路線雖較平坦，然有架橋設涵之必要，故橋涵須力求減少。穿過丘陵之傾斜地，挖土部分於降雨融雪之際易生崩潰之慮，故須護岸工程以資保護，此種保護當以愈少為佳也。

踏勘前須儘量搜集有利之參考圖籍，如有可靠之地圖，可於圖上之等高線(Contour line)假定路線，以助實際工作。

踏勘之需用儀器可分下列數種：

(1)測距離用者——有步數計(Pedometer)，輪轉計(Odometer)等等。

(2)測方向角用者——有小六分儀(Box sextant)，三稜鏡、羅盤儀(Prismatic compass)及手攜經緯儀(Pocket transit)等。

(3)測高低用者——有手攜平準儀(Hand level)，無液氣壓機(Aneroid barometer)測斜計(clinometer)等。

(4)其他物件——如望遠鏡(Telescope)，記錄簿，旗桿，斧鏈等。

踏勘之工作多以步行或乘馬為之。隨時記錄，且於記錄簿上時繪草圖，附載大概地形，地質，沿途產物，大約之高低，坡度，方向，距離等等。工作時須注意避免肉眼之幻視，如較遠之直線視為甚短，或將 60° 坡度視為垂直。又如荆棘繁多之處，工作困難之想像易致過大，對平坦坡度易致忽略等等，均須竭力避免之。

第三節 初測(Preliminary survey)

踏勘測量完畢後，將選出最可能之路線，作精細之地形測量，測出結果可供定線之用。

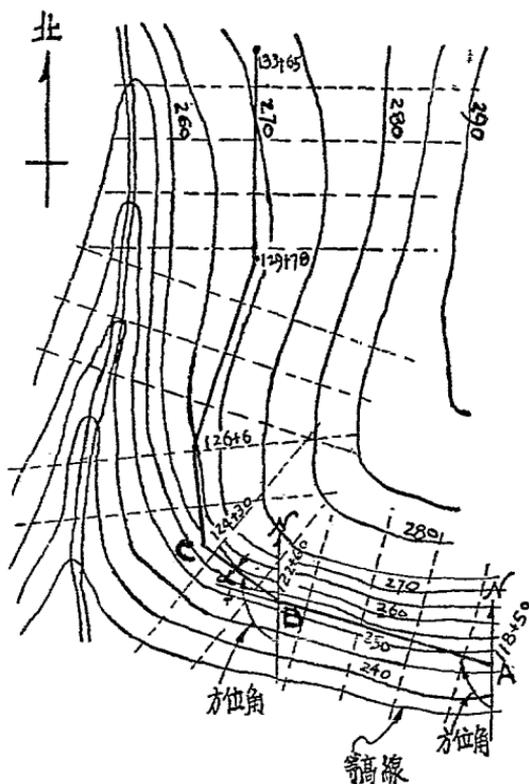
初測之初步工作為樹立小樁，其大小為4公分(1½吋)見方，三公寸(1呎)長。樁上釘以小釘或鑽小孔，每距百呎即樹一樁。路線轉向之點樹以大樁。大樁為6公分(2½吋)見方，6公寸(2呎)長之木樁，打入土中約達4½公寸(1呎半)。樁上釘以小釘，並用紅油註明樁號。

路線之方向可由二法定之。(見第4圖)：

1. 偏角法(Deflection angle method)——將經緯儀置於直線轉變方向之點(B)，其上下盤對準 0° ，將望遠鏡倒置，回看A點，旋緊下盤，放鬆上盤，使望遠鏡順置，看C點，在盤上讀出之角度即為轉向之角度。此角度如向右偏，則記錄時於角度旁添一“R”字，如向左偏，則以“L”記之。

2. 方位角法(Azimuth method)——由天文測量或其他方法已知準確之子午線(Meridian)則將經緯儀置於子午線之北端，使上下盤對準零度，望遠鏡看子午線之南端，旋緊下盤，放鬆上盤，望遠鏡對準任何點，在盤上即可讀出該點方向之方位角。如此可使每線方位角求出。其繼續方法容後再述。

如子午線不實地設置，則可假定某線為子午線，以後所得之方位角均根據此假定之子午線。



第4圖 初測地形圖

當測第二線之方位角，如第4圖中 AB 之方位角已知，則有二法測 BC 之方位角，先將經緯儀置於 B 點，然後：

(1) 使經緯儀之上下盤對準 AB 方位角之度數，旋緊上盤，放鬆下盤，倒置望遠鏡看 A 點。旋緊下盤，放鬆上盤，將望遠鏡順置，

看 C 點，即可讀出 BC 之方位角。

(2) 使經緯儀之上下盤對準 AB 方位角加 180° 之度數，旋緊上盤 放鬆下盤，順置望遠鏡看 A 點。旋緊下盤，放鬆上盤，看 C 點，即可讀出 BC 之方位角。

各線之方位角已知，且百呎站已知，即可施行縱斷面高低測量。

縱斷面高低測量——縱斷面高低即中心線之高低。普通於每百呎站用平準儀 (level) 測之。如有特殊地形變化處則須另加過河處須測河水之水位高度，水深等等。

未測縱斷面高度之前，須設置水準基點 (Bench mark)。此多設置於橋墩，翼牆，混凝土涵洞，石階，或碑塔之基座，穩固之岩石等處，務求不易搖動為佳。如無適當固定物體，則可特設石柱，混凝土柱為之，或於大樹根幹敲入長釘為之。水準基點約每千呎 (約 300 公尺) 設置一處。橋涵之旁當另加之。水準基點之高度近海者多以海平面為基面。

縱斷面高低測量之精密度其限制如下：

英美制

$$x_1 = 0.05\sqrt{D}$$

D = 二處來回距離之哩數 (Miles)

x_1 = 二處來回高度差之呎數 (feet)。

[例] 如二處相距 1 哩，問來回精確度之限制為若干？

$$D = 2 \text{ 哩}$$

$$x_1 = 0.05\sqrt{2} = 0.07 \text{ 呎} = \frac{7}{100} \text{ 呎}$$

標準制 $x_2 = 0.012\sqrt{k}$

k = 二處來回距離之公里數 (Kilometers)

x_2 = 二處來回高度差之公尺數 (Meters)。

〔例〕 如二處相距 1 公里，問來回精確度之限制為若干？

$k = 2$ 公里

$x_2 = 0.012\sqrt{2} = 0.017$ 公尺 = 1.7 公分。

橫斷測量——於每百呎站處作垂直於中心線之橫斷測量。普通用經緯儀，或手攜水準儀，及桿尺以測高度。同時用鋼呎或布尺量其距離。或用視距法 (Stadia method) 或用平板儀 (Plane table method) 測之。於地形變化劇烈處須另加之。橫斷測量普通測至離中心線 20 公尺 (約 60 呎) 已敷應用。如欲變動路線則再行加寬之。

普通此種橫斷測量之結果用 1:200 之縮呎繪出，以供計算土方，繪製平面圖，設計橋邊防護工程，及購地範圍等之用。

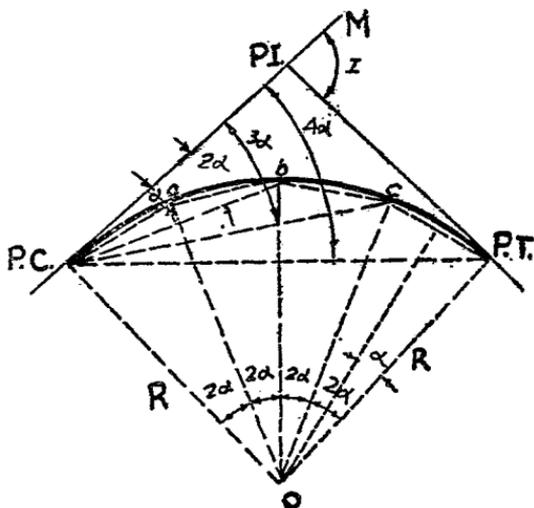
地形測量——沿路如有特殊需要，須作較詳之測量，如過河之處，須設橋梁涵洞等。可用平板儀 (Plane table) 或經緯儀測距法測之。普通用 1:500 之縮呎繪出之。圖內須有水位之高低，河水上流之深度，河水流速，河床土質、形式，及有流冰堵塞之危險否等等，以供設計橋梁時之用。

其他如遇鐵路之交點，或與別種路線相交，或有建築物之障礙等均須詳加測量以備設計之用。

第四節 定線測量 (Location survey)

路線經初測後，地形圖既已製成，即可施行紙上定線 (Paper location) 定出路線，即將定好之路線設置於實地，如其路線與初測所定之線不同，則須更改路線，故其初步為中心樁，即百呎樁之樹立，其樹立法與初測相同，故不重述，曲線部分可用下法設置。

平曲線之測定法 —— 普通用外角法 (Method of deflection angle) 測之。



第 5 圖

設有曲線 P.C. 至 P.T. (見第 5 圖) 欲放置地上。先將此曲線分成數段如由 P.C. 至 a, ab, bc 及 c 至 P.T. 各段。

$$\text{則 } Ca = ab = bc = cT = 2R \sin \alpha$$

$$\text{故 } \alpha = \sin^{-1} \frac{Ca}{2R} = \sin^{-1} \frac{50}{R}$$

$$Ca = 2R \sin \beta$$

$$\beta = \sin^{-1} \frac{Ca}{2R}$$

Ca 及 R 均知，則 β 之值可求出。故先定 a 點，然後，依次以 $\alpha + \beta$ ， $\alpha + 2\beta$ ， $\alpha + 3\beta$ ……依此定出 b ， c ， d 各點。

又一法為定出 a 點後，將經緯儀搬至 a 點，然後以 Ca 之延長線之方向為根據，再遞增 α 角度而定出 b ， c ， d 等各點。

此種測定曲線方法之核校法係於定 $P. T.$ 時角度：

$$\angle ICT \text{ 應等於 } \frac{1}{2} \angle MIT = \frac{1}{2} \text{COT.}$$

第五節 施工測量 (Construction survey)

路線既定。縱橫斷面之路床高低豎曲線及平曲線均已定妥，而橋梁涵洞亦已設計完成。則可開始建築。然未興工以前須有施工測量以供建築之用。茲將各部工作分述於下

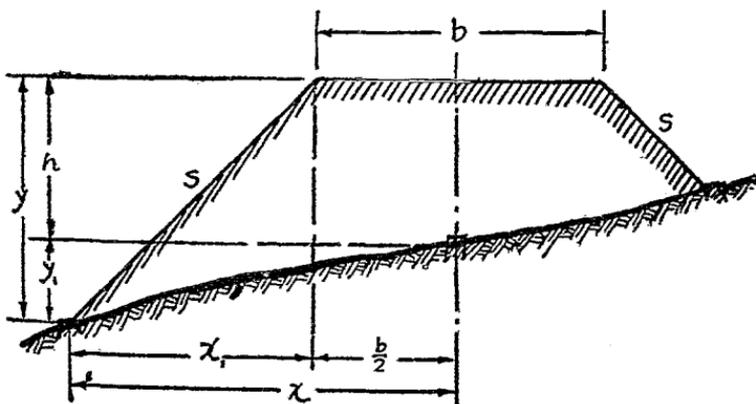
(一)校正測量 如興工與初測時期相隔較遠，則地形地物及原樹樁或有變更，故須重施校正測量。

(二)坡樁 路之縱向坡度既定，則百呎站處之填土或挖土若干亦已知之。於每百呎樁上記載之。分母為樁號，分子為填土或挖土之數，其上加以正負號，正號示填土，負號示挖土。例如 $\frac{+0.90}{121+00}$ 即示於 121 號百呎站，須填土 0.90 呎是也。如 $\frac{-9.0}{121+00}$ 則為 121 號百呎站，須挖土 -0.90 呎是也。有時將樁號書於樁之一面，其背書填土或挖土之數。

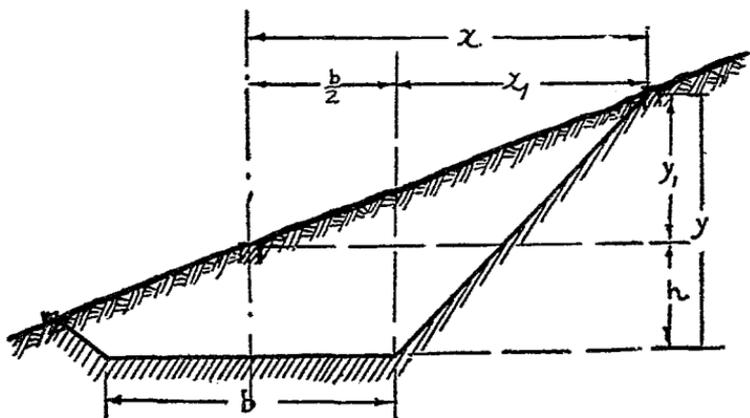
路之寬度既定，則可用手攜水平儀，求左右二邊填土或挖土起訖點之處樹以坡樁，以資憑識。換言之，即二邊挖填土與地面之交點是也。

無論填土或挖土其樹立坡樁均須用嘗試法行之。例如第7圖及第8圖所示是也。

如某站之填土或挖土深度已知為 h ，(即地面與路床高低差)。試打坡樁時，一人攜手攜平準儀立於中心樁處，而中心線之垂直線上，另有一人持水平桿尺，以備水平儀之測看藉知中心點高度與桿尺處地面高度之差。同時量出二者之水平距離。由此可求出其是否在填挖土之起點上。其計算之法如下。(見第7圖及第8圖)。



第7圖



第 8 圖

設 s = 挖土或填土之斜坡。

b = 路床寬度。

h = 中心線上應填挖之高度。

y_1 = 桿尺所在地與中心線上路面高度差。

y = 桿尺所在地與路床之高度差。

x_1 = 桿尺所在地至路床邊之水平距離。

x = 桿尺所在地與中心線之水平距離。

已知: y_1, h, s (嘗試時知之)。

則: $y = y_1 + h$

$x_1 = sy$

故 $x = \frac{b}{2} + x_1 = \frac{b}{2} + sy$

如 $s=1:1$

則 $x = \frac{b}{2} + y = \frac{b}{2}(y_1+h)$

如 $s=1\frac{1}{2}:1$

則 $x = \frac{b}{2} + y + \frac{y}{2} = \frac{b}{2} + (y_1+h) + \frac{1}{2}(y_1+h)$

此法可用心算算出之，察所得 x 之值是否與實地量出者相符。如相差超過限度則須更換桿尺之地點。再行計算，待符合為止。此桿尺所在地即填挖土之起訖點。於此打一木樁，即坡樁是也。其上記以 $\frac{\pm y}{x}$ 之數字。(+) 示填土之數，(-) 代表挖土之數。

普通言之如量出之距離 x 與算出之距離 x 相差僅一吋者，則毋須重算。

〔例〕某站須挖土 2.0 呎，坡比為 $1\frac{1}{2}:1$ ，路寬 20 呎，今桿尺與中心線之地面高低相差為 1.4 呎，其地與中心線之水平距離為 15.1 呎。問桿尺所在地是否在挖土之起點(即打坡樁之點)?

解：今 $h=2.0$ 呎， $s=1\frac{1}{2}:1$ ， $b=20$ 呎， $y_1=1.4$ 呎

$$x = \frac{b}{2} + (y_1+h) + \frac{1}{2}(y_1+h) = \frac{20}{2} + (1.4+2.0) + \frac{1}{2}(1.4+2.0) = 15.1 \text{ 呎。}$$

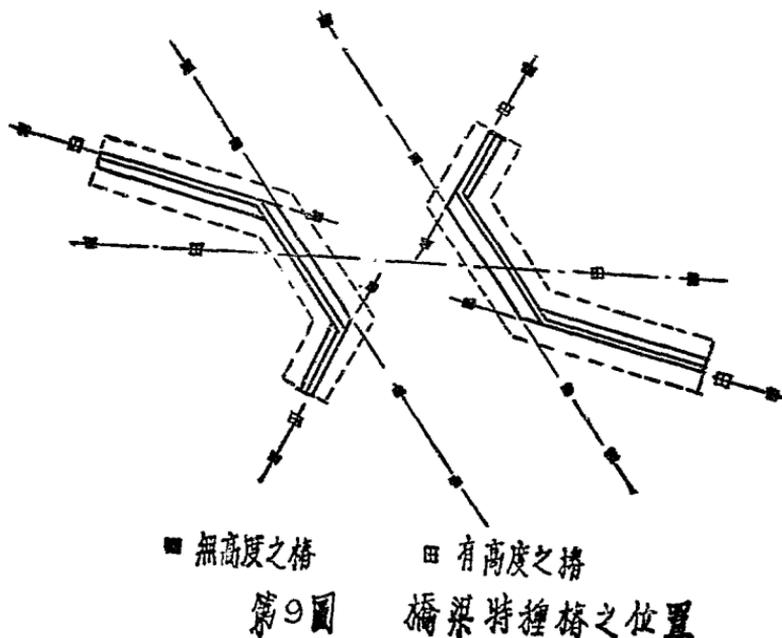
適與量出者符合，故於其地樹以坡樁。樁上記以 $\frac{-3.4}{15.1}$ 。

(三)完工樁 土工已粗略完成時，須樹立完工樁，其上塗以特

種顏色，以示路床最終之高度。其顏色多用藍色，以示與他種樁有別。填土處，記號須加高約十分之一，以免填土之沉陷。此種樁多釘於路之兩側。

(四)特種樁 特種樁如鋪砌樁常釘於鋪砌部分。直線部分樁間約距 50 呎。曲線部分樁間約距 25 呎。

橋梁涵洞之處，亦須加打特種樁以定其位置所在。較小之橋梁涵洞其兩端中心線上各置一樁。較大之橋梁則須如第 9 圖所示。於橋邊設置二線與中心線平行。各線均與由數樁連結而成。樁上亦有高度者數個。樁之位置須以無礙工事之進行為原則。



經緯儀之點之引證，亦須打定特種樁，以免遺忘地點。經緯儀多用較小之混凝土樁，打於其四周名曰副樁。對當地紀念牌多用混凝土柱或鐵管等等。

第六節 驗收測量(Final estimate survey)

建築完工時須施行驗收之測量，以明完成之工程是否與計劃之工程相符合。且可作土工之估計。即由測量可知每站之橫斷面，與原來地形之差是也。如此則可算出填挖土之多少。驗收測量仍需有平準儀，經緯儀等測量。驗收測量不僅測出築成之路床高度地形等，同時對於路中之建築物如橋梁、涵洞、山洞等均須詳細測出，以備驗收估計之用。

第四章 道路車輛之牽引阻力及牽引力

車輛之牽引力 (Tractive force) 爲牽引車輛前進之力是也。牽引阻力 (Tractive resistance) 爲車輛前進所遇之阻力是也。牽引力之功用消除牽引阻力，否則車輛不能向前進行矣。

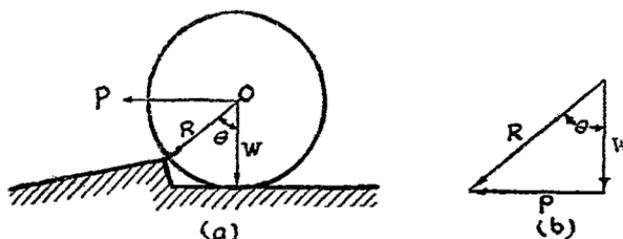
第一節 牽引阻力 (Tractive resistance)

車輛之主要牽引阻力爲輪軸磨擦阻力 (Axle frictional resistance) 轉動阻力 (Rolling resistance)，空氣阻力 (Air resistance)，撞擊阻力 (Impact resistance) 及坡度阻力 (Grade resistance) 等項。茲分論如次：——

(一) 輪軸磨擦阻力 (Axle frictional resistance) 輪軸磨擦阻力爲輪軸 (Axle) 與軸承 (Bearing) 間所起之磨擦力是也。此種磨擦阻力之大小雖與輪軸及軸承之潤滑料有直接之關係。然與輪徑之大小，軸徑之大小，及載重之輕重等均有重要之關係。如載重不變，則磨擦阻力與潤滑料之滑性成反比，與輪徑之大小成反比。載重之大小與磨擦阻力之關係按倍格 (Baker) 氏之試驗結果，謂如輪軸與軸承間塗有良好之潤滑料，則輪軸之磨擦係數與軸承所受壓力之平方根成反比。輕載之輪軸磨擦阻力約爲軸承受壓之 2%，重載之輪軸磨擦阻力約爲軸承受壓之 1.5%。

(二)轉動阻力(Rolling resistance) 轉動阻力因車輪之滾動與路面所生之磨擦作用而起。此種磨擦作用之發生係由路面之不光滑,有凹凸等情,或因路面之軟弱而生輪陷之弊等等。

車輛經凹凸處,其發生之影響甚大。見第 10 圖所示。



第 10 圖

設 P = 牽引車輪之力

W = 車輪之載重

R = 凸出點之壓力

由力學知其力圖 Force diagram)如第 10 圖(b)所示

得 $R = W \sec \theta$

$P = W \tan \theta$

故如凹凸較劇,則 θ 必因之增大,而 $\tan \theta$ 及 $\sec \theta$ 亦必隨之而增大。不僅牽引力需力更大,且其對路面所生之壓力亦必愈大。結果路面所受損壞之影響則為更大矣。

車轍由輪陷而生。如路面為富有彈性者,則待輪離後,立即恢復原態,則不易發生車轍。如路面較為軟弱且缺少彈性,則車轍即

易生成。輪陷之發生不僅與路面之軟硬有關，且與輪徑之大小，輪邊之寬狹等關係亦大。如輪徑為一定，則輪邊較寬者可使載重平均分佈於一較大之面積，而單位之壓應力 (Unit pressure) 亦得減少，如此則可使輪陷之深度減少也。反之則深度加深。按毛林 (Moline) 氏之試驗結果，謂石塊路面及水結碎石路面等硬性路面，輪寬在 3 吋 ($7\frac{1}{2}$ 公分) 以上則輪陷之影響甚小。在較軟之路面則影響甚大。輪陷之輪邊陷下長度與輪徑之立方根成正比。而車輛之牽引力則與陷入之長度成反比，故牽引車輛前進時其轉動阻力與輪徑之立方根成反比。由此知輪徑愈大，轉動阻力必愈小，且可減少轉動之次數，而輪軸之磨擦阻力亦得而減少，然如輪徑過大，則裝卸困難，運用不便，故輪徑仍為有限。綜上所述，如輪邊較狹，輪徑愈小，路面愈軟，則發生之輪陷必深，反之則淺也。

輪陷之發生實有損輪胎，且耗能力。所發生之轉動阻力即所耗之能力也。由實驗而知空心輪胎 (Pneumatic tires) 能力之損耗約為載重之 $\frac{1}{90}$ 。實心輪胎 (Solid tires) 能力之損耗約為載重之 $\frac{1}{70}$ 。然路面之良窳各異，所生之阻力亦異。就普通一般情形而言，良好之路面所生之阻力約為載重之 $\frac{1}{90} \sim \frac{1}{45}$ 。土路及積雪之路面可達載重之 $\frac{1}{20}$ 。

事實上車輛之輪軸磨擦阻力與轉動阻力於行駛時同時發生，故二者之阻力係數應聯合計算。普通可由下式算之。

$$R_r = kW$$

R_r = 輪軸磨擦及轉動之阻力

W = 輪之載重 (Traffic load)

k = 輪軸磨擦及轉動之阻力係數

輪軸磨擦阻力及轉動阻力之係數，隨各種路面而不同；且同種路面，各地情形又異，故難以決定，然一般情形大致相仿，故現將各種路面之最大及最小之阻力及其係數（ k ）按實驗之結果列表說明，如第二表所示。

第2表 各種路面之輪軸磨擦阻力及轉動阻力之最大阻力，最小阻力及磨擦係數表

路面種類	最大阻力		最小阻力		阻力係數	
	磅/噸 (#/T)	公斤/噸 (kg./T)	磅/噸 (#/T)	公斤/噸 (kg./T)	最大	最小
砂土路	200	90.6	50	22.7	0.0906	0.0227
礫石路	100	45.3	50	22.7	0.0453	0.0227
卵石路	100	45.3	50	22.7	0.0453	0.0227
水結碎石路	100	45.3	30	13.6	0.0453	0.0136
濕青碎石路	100	45.3	20	9.1	0.0453	0.0091
石塊路	80	36.2	30	13.6	0.0362	0.0136
片濕青路	70	31.6	30	13.6	0.0316	0.0136
木塊路	60	27.2	30	13.6	0.0272	0.0136
磚塊路	40	18.1	14	6.3	0.0181	0.0063
濕青混泥土路	30	13.6	15	6.8	0.0136	0.0068

(三)空氣阻力 (Air resistance) 行駛較快之車輛，如速度在每小時二十哩(即每小時三十二公里)以上者，其車前常易發生

風壓而車後常致空氣稀薄，以致發生阻力。此即空氣阻力也。此種阻力之大小與車輛之橫斷面積，及速度之平方成正比。普通可由下式求出

$$R_{\text{air}} = k A v^2$$

R_{air} = 空氣之阻力

k = 常數

A = 車輛之橫斷面積

v = 車輛在空氣中之速度

k 之值按康萊(L. E. Conrad)氏宣稱為 0.0025，公式應為：

$$\text{英美制 } R_{\text{air}} = 0.0025 A v^2$$

[式中 R_{air} 為磅數(lbs.)， A 為平方呎(sq. ft.)

v 為每小時哩數(mi./hr.)]

$$\text{標準制 } R_{\text{air}} = 0.005 A v^2$$

[式中 R_{air} 為公斤數(kg.) A 為平方公尺(sq.

m.)， v 為每小時公里數(km./hr.)]。

又據耶魯大學最近發表 k 之值為可變動。

$$\text{英美制 } k = 0.0019 \text{ 至 } 0.0025$$

$$\text{標準制 } k = 0.0038 \text{ 至 } 0.005$$

普通空氣之阻力常以康萊氏之公式以作應用。茲將普通自備車(小汽車 Automobile)之空氣阻力計算如第 3 表所示。

自備車之橫斷面積約計 28 平方呎(即 2.6 平方公尺)。

空氣阻力發生時，事實上必同時發生輪軸磨擦阻力及轉動阻

第3表 自備車之空氣阻力

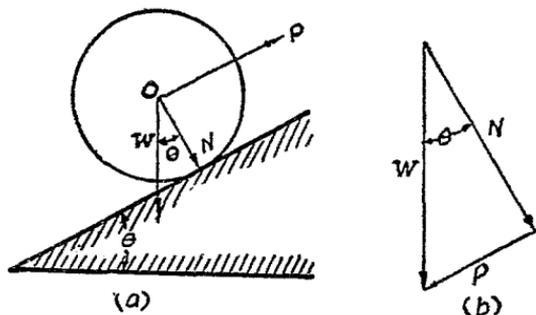
速度 (Velocity)		空氣阻力 (Air resistance)	
每小時哩數 (mi/hr.)	每小時公里數 (km./hr.)	磅 (lb.)	公斤 (kg.)
10	16	7	3
20	32	28	13
30	48	63	29
40	64	112	51
50	80	175	80
60	96	252	114
70	112	343	155
80	128	448	203
90	144	567	257
100	160	700	317

力，故實應同時計算在內。此三種阻力雖隨各種情形而異，已如前述，然其一般情形按實驗之結果，據美國愛克氏 (Agg) 之宣稱，可得第 11 圖所示之結果。第十一圖為於各種速度中，各種路面之材料所生之阻力也。

(四) 撞擊阻力 (Impact resistance) 撞擊阻力由於行車之速度加大，使車輪經不平之路面生上下跳動之作用而發生也。此對路床之損耗甚大。據最近美國之試驗結果：以 3850 公斤 (8,500 磅) 之輪載重，行駛於 20 公分 (8 吋) 厚之混凝土路面。此混凝土路面之本身能承受 300 lbs./sq.in. 至 400 lbs./sq.in. (即 21 kg./sq.cm. 至 28 kg./sq.cm.)。如以較緩之速度行駛，則可產生 34 lbs./sq.in. (即 24 kg./sq.cm.) 之壓力。如用較大之速度

行駛則可使混凝土路面逐漸破壞。由此足見速度加大所致之撞擊阻力其結果甚大。

(五)坡度阻力 (Grade resistance) 坡度阻力為車輛上坡所生之阻力,其計算之法,可由第 12 圖示知。



第 12 圖

由力學所知,其力圖 (Force diagram) 如第 12 圖之 (b) 示之。

設: $P =$ 車輛之牽引力

$N =$ 載重對斜坡所生之垂直力分力

$W =$ 車輛之載重。

$k =$ 阻力常數

$R =$ 阻力

則: $P = W \sin \theta$

$N = W \cos \theta$

$R = k W \cos \theta$

設： $P_1 =$ 上坡之牽引力

$P_2 =$ 下坡之牽引力

則： $P_1 = k W \cos \theta + W \sin \theta = W(k \cos \theta + \sin \theta)$

$P_2 = k W \cos \theta - W \sin \theta = W(k \cos \theta - \sin \theta)$

第 4 表 動物拖行車輛路面之牽引阻力表

路 面 種 類	牽 引 阻 力	
	磅/噸 (lbs./ton)	公斤/噸 (kg./ton)
結實乾土(Earth packed & dry)	100	45
有灰土(Earth dusty)	106	43
泥土(Earth muddy)	190	86
鬆砂(Sand loose)	320	145
良好卵石(Gravel good)	51	23
鬆卵石(Gravel loose)	147	67
結實煤灰(Cinder well-packed)	92	42
良好水結碎石(Macadam, very good)	38	17
普通水結碎石(Macadam, average)	46	21
片瀝青(Sheet asphalt)	38	17
瀝青混凝土(Asphalt concrete)	40	18
新磚塊(Vitrified brick, new)	53	25
良好木塊(Wood block, good)	33	15
不良木塊(Wood block, poor)	42	19
彈街石(Cobblestone)	54	24
花崗岩之電車道(Granite tramway)	27	12
片瀝青磚(Asphalt block)	52	24
花崗岩塊(Granite block)	47	21

如 θ 之值增加，則 $\sin \theta$ 亦漸增大， $\cos \theta$ 則漸減少，上坡時所需之牽引力需增大。下坡時，需力甚少，如達 $P_2 = 0$ 則 $k \cos \theta = \sin \theta$ 。

此時則車輛自動滾下。而因 θ 之值甚小，故 $\cos\theta$ 可視為 1，而 $\sin\theta$ 可等於 $\tan\theta$ ，則

$$k = \tan \theta.$$

如坡度再大，則滾下之速度甚大，危險甚劇，則須加制動機 (Brake) 以管束車速，如此則有耗能力矣。

(六)動物拖車之一般牽引阻力 (Average tractive resistance of roadway of animal-drawn vehicle) 動物拖行車輛之一般牽引阻力，據多種實驗之報告，鋼質輪胎應用之結果，可得如第 4 表所示之結果。

第二節 車輛之牽引力

(一)動物之牽引力 動物之牽引力與動物本身之重量成正比。與工作之時間，及拖拉之速度成反比。普通動物於較長之工作時間，其載重可隨時取去，則其牽引力約為自身重量之十分之一。如於短時間工作，則其牽引力可達自身重量之三分之一。如距離在一百呎以內者，則其牽引力可達自身重量之半。動物之牽引力可由下式求出之。

$$D = \left(\frac{80}{t} \right)^5$$

$$\text{或 } t = \frac{80}{\sqrt[5]{D}}$$

式中 D = 牽引距離公尺 (m.)

t = 牽引力對自身重量之百分數 (%)

普通動物拖車以馬為主，馬之自重，歐美之馬約重 800 磅(365 公斤)，中國之馬較小，約重 500 磅(230 公斤)。

〔例〕 某馬拖行車輛其牽引距離為 15 公里，問其牽引力能達自重之百分之幾？如其自重為 500 磅(230 公斤)，則其牽引力為若干？

解： $D=15000$ 公尺(m.)

$$t = \frac{80}{\sqrt{15000}} = 11.7\%$$

$$\text{牽引力} = \frac{(500)(11.7)}{100} = 58.5 \text{ 磅}(26.5 \text{ 公斤})。$$

動物拖拉車輛，如為數頭動物同拖一車，其總牽引力非為個別牽引力之總和。如為二頭時，其總牽引力為個別牽引力和之百分之九十五。如為三頭時則為百分之八十五。四頭時則為百分之八十左右。

動物上坡時，如坡度較峻，則所需之牽引力較大，已如前述。另一方面如坡度過峻，則其行動不便，故所得之牽引力亦小。普通動物上坡之最大牽引載重可由下式求出之。

$$P = W \frac{r-s}{k+s}$$

式中 P = 坡度上動物之最大牽引載重

W = 動物自重

r = 平坦路上動物之牽引力即自重之百分數(%)

s = 坡度(%)

k = 路面滾動摩擦係數(%)

〔例〕 某馬之自重 300 公斤 (670 磅), 其平坦路上之牽引力為自重之 10%, 今於 4% 坡度之石塊路上牽引車輛, 問其最大牽引之載重可達若干?

解 $W = 300 \text{ kg.}$

$r = 10\%$

$s = 4\%$

$k = 3.62\%$ (由第 2 表檢出)

$$P = 300 \frac{10 - 4}{3.62 + 4} = 236 \text{ 公斤 (520 磅).}$$

(二) 自動車輛之牽引力 自動車輛如汽車等之牽引力多以馬力(H. P. horse power)計算之。普通可由下式算之。

$$\text{H. P.} = \frac{Rv}{75n}$$

R = 車輛之全部阻力(kg.)

v = 車輛之速度(m./hr.)

n = 車輛之發動機效力

R 之值隨各種情形而異。

緩行平地

$$R = kW$$

k = 滾動及輪軸磨擦阻力係數

(見第 2 表)

W = 車輛之載重(kg.)

顧及空氣之阻力 $R = kW + R_{air}$

R_{air} = 空氣阻力(見第3表)

進行斜坡上時 $R = (k+s)W + R_{air}$

s = 坡度(%)

汽車之牽引力,可由第5表中檢得之。

第5表 汽車之牽引力表

汽車種類	速度 (Velocity)		各檔(gear)之牽引力與載重之比率			
	每小時哩數 (mi/hr.)	每小時公里數 (km./hr.)	高	次高	次低	低
自備車(小汽車) (Automobile)	25 至 40	40 至 64	1:11	1:5	—	1:3 ¹ / ₂
貨車(Commercial vehicle)	15 至 20	24 至 32	1:15 ¹ / ₂	1:12 ¹ / ₂	1.8	1:5 ¹ / ₄

第五章 縱坡度

第一節 概說

道路之縱坡度 (Grade) 卽道路之縱斷方向之坡度是也。普通二點間之縱斷坡度，以其高低度之差與其間水平距離相比以表之。如水平距離 50 公尺高一公尺，卽 1:50 之坡度，亦常用百分數以示之。如 1:50 之坡度可用百分之二表之。卽每百公尺高二公尺之斜坡是也。

道路縱坡度之設置其須考慮之點如下：

- (一) 須適合當地地形，使築造時土方工程不致過大。
- (二) 使行駛之交通工具均能安然通過，且爲減少車輛之坡度阻力起見縱斷坡度較平者爲佳。
- (三) 避免路面之積水，故爲排水計有設置坡度之必要。
- (四) 各種路面材料所能允許之最大坡度有限，故須不超出允許之限坡。
- (五) 適合特殊需要。如與鐵路之交點，山洞，橋端，水平曲線相遇等等之坡度均另有規定。

第二節 車輛最適宜之升坡 (Plus grade)

最適宜之升坡爲能適應車輛之上升，使合於經濟之原理。就一

般情形而言，須能適合自備車(小汽車)之能應用高檔(high gear)，以每小時三十五至四十五哩 (35-45 mi/hr. 即 56-72 km./hr.) 之速度能上升者。而貨車則於相當之速度，不換檔而上升者是也，道路之交通量(Traffic) 雖各處互異，然普通最適宜之升坡僅須適合平均交通量之牽引效力(Tractive effort)為已足。

車輛上坡時，常須變更速度，致耗能力。此種損耗可由運動量(Momentum)計算之，

設： $m =$ 質量 (mass) (lbs. - sec²/ft.)

$v_1 =$ 初速，每秒尺計 (ft./sec.)

$v_2 =$ 末速，每秒尺計 (ft./sec.)

$I =$ 慣性率 (Moment of inertia)

$\omega =$ 角速度，每秒弧度計 (Radians/sec.)

損耗動能之單位為尺磅 (ft. - lbs.)

$$\text{則 損耗動能} = \frac{1}{2} m (v_1^2 - v_2^2) + \frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2)$$

式中 $\frac{1}{2} m (v_1^2 - v_2^2)$ 為速度改變時，移動所耗之動能而 $\frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2)$ 為轉動所耗之動能。後者之值較難估計。據一般經驗所得如下：

$$\text{自備車 } \frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2) = 0.05 \left[\frac{1}{2} m (v_1^2 - v_2^2) \right]$$

$$\text{貨車 } \frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2) = 0.10 \left[\frac{1}{2} m (v_1^2 - v_2^2) \right]$$

今將 S_1 及 S_2 為 v_1 及 v_2 速度用每小時哩數 (mi/hr.) 表示。

而 m 則用單位重量表示。將所耗之能力以坡長 L 以除之，即得其平均損失之力如下：

$$\begin{aligned} \text{自備車平均損失之力} &= \frac{\frac{1}{2}(1.05)(S_1^2 - S_2^2) \left(\frac{5280}{3600}\right)^2}{L} (32.19)(2) \\ &= \frac{70(S_1^2 - S_2^2)}{L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{貨車平均損失之力} &= \frac{\frac{1}{2}(1.1)(S_1^2 - S_2^2) \left(\frac{5280}{3600}\right)^2}{L} (32.19)(2) \\ &= \frac{73(S_1^2 - S_2^2)}{L} \end{aligned}$$

求出之力其單位為載重每噸之磅數(#/ton)。

然上坡之時，車輛尚有一部之能力損耗於各種牽引阻力，故牽引阻力亦須加入。

設： P = 用高檔速度時車輛之最大牽引力。以載重每噸之磅數計(#/ton)。

R = 某種路面，車輛對最適合升坡之速度之牽引阻力。以載重每噸之磅數計(#/ton)。

由實驗所知，車輛最適宜之升坡應由下式求出：

$$\text{自備車最適宜之升坡} = \frac{(P - R)L + 70(S_1^2 - S_2^2)}{20L}$$

$$\text{貨車最適宜之升坡} = \frac{(P - R)L + 73(S_1^2 - S_2^2)}{20L}$$

第三節 車輛最適宜之降坡(Minus grade)

車輛最適宜之降坡務使車輛下坡時能利用車輛之勢能 (P_o -

tential energy) 自動滾下。既不需牽引之力，亦不需應用制動機 (Brake) 致耗能力。故車輛之最適宜之降坡，除牽引力為零以外，其原理實與升坡之原理相同，故應用最適宜之升坡公式，將式中之 $P=0$ ，而磨擦阻力之 R 改變方向，應改為正號。得：

$$\text{自備車最適宜之降坡} = \frac{RL + 70(S_1^2 - S_2^2)}{20L}$$

$$\text{貨車最適宜之降坡} = \frac{RL + 73(S_1^2 - S_2^2)}{20L}$$

式中 S_1 為降坡之終速， S_2 為降坡之初速是也。

第四節 車輛最大坡度之經濟原理

就車輛行駛之便利，能力之損耗而言，坡度當以愈小愈佳。然有時因地形之關係如用較小坡度，則土方工程過大，故必需加大坡度。反觀之，如坡度過大，則車輛之上坡下坡均多耗能力，燃料損耗既多，運輸費用亦大，不合經濟原理。故於選定最大之坡度，須考慮其影響如何？如減少坡度，則所費之工程費是否合算？

如道路之有效年齡為 25 年，建造費用可以 4% 之利息借到，則可用以下之公式計算：

$$\begin{aligned} \text{升坡} \quad \text{減低坡度之合算價格以元計} \\ = 24 CV_a (MSL - S_p L_p) \end{aligned}$$

式中： C = 汽油之價格，每加侖元計 (\$/gal.)

V_a = 每年上坡之交通總量以百萬噸計。

M = 不用高檔與用高檔作同一工作所需煤量之比。

$S =$ 大坡度 %

$L =$ 大坡度之坡長以呎計(ft.)

$S_p =$ 減低之坡度 %

$L_p =$ 減低坡度之坡長以呎計(ft.)

降坡 減低坡度之合算價格以元計

$$= 24CV_a(S_p L_p - S_1 L_1)$$

式中： $S_1 =$ 最適宜之升，降坡間之坡度。

$L_1 =$ 用 S_1 坡度時之坡長以呎計(ft.)

第五節 最大坡度之力學原理

車輛上升坡面，須克服上坡所遇之各種牽引阻力，始能上升。此上升之最大坡度，祇路面之粗糙率，其與車輪所生之磨擦阻力，載重之大小，車輛牽引力等等而異。

設： $W =$ 車輛載重

$k_1 =$ 車輪與路面所生磨擦係數

$S =$ 坡度

$P_1 =$ 上坡時之最大有效牽引力

$P_2 =$ 下坡時之最大有效牽引力

$R =$ 最大有效之牽引阻力

$R_{air} =$ 空氣阻力

$k =$ 各種牽引阻力之係數。

由第四章第二節(二)所示

$$R = (k_1 + S)W + R_{air}$$

事實上 R_{air} 可視為 k_2W , 故可併入為 k ,

$$\text{則 } R = (k + S)W$$

於上坡時 $P_1 > R$, 車輛始得上升, 故

$$P_1 > (k + S)W$$

$$S < \frac{P_1}{W} - k \dots\dots\dots (1)$$

下坡之時, 為避免車輛之疾駛, 故

$$S < k \dots\dots\dots (2)$$

由(1)及(2)兩式求出之值, 其較小者即最大坡度也。

第六節 用獸力牽引車輛所遇最大坡度之原理

如坡度過大, 不僅車輛之阻力增加, 且動物之行動不便, 故其能上升之坡度更為有限。普通能上升之坡度可由下式求出之。

設 P_1 = 動物於較長之工作時間其載重可隨時取去

之牽引力。約為載重之 $\frac{1}{10}$ (磅計)。

P_2 = 動物於短時間之牽引力。約為載重之 $\frac{1}{3}$ (磅計)。

n = 拖拉車輛之動物數。

R = 車輛與路面之阻力。載重每噸之磅數 (#/ton)

T = 0.0% 坡度時之正常載重 (normal load) 以噸 (ton) 計。

$W = \text{動物之自重}$

則 $T = \frac{nP_1}{R}$

動物拖拉車輛之最大坡度

$$= \frac{n(P_2 - P_1)}{20(T + W)}$$

如用最大之坡度，其坡長在 500 呎(150 公尺)以上時，則於首 500 呎後，於每百呎(30 公尺)處須稍加休息。

第七節 道路之最大坡度

道路之縱坡度如依各種路材方面觀察，則可由第 6 表中檢得之。

第 6 表 各種路面材料之最大限坡

路面材料之名稱				最大限坡
砂	土	路		12%
卵	石	路		10%
水	結 碎 石	路		12%
混	凝 土	路		8%
磚	塊	路		10%
木	塊	路		4%
石	塊	路		12%
瀝	青 碎 石	路		10%
片	瀝 青	路		5%
瀝	青 混 凝 土	路		7%

道路之縱坡度如依各種貨物之運輸量而論，則載重較小，速度較快之運輸為 2%，載重較大，速度中等之運輸為 3%，載重甚

大，速度可較遲緩之運輸則為 5%。

道路之縱坡度就各處之地勢而言，則其最大之限坡，於普通之山路，平坦地為百分之三，起伏之地為百分之五，崎嶇之山路則為百分之八。根據鐵道部公佈之國道工程標準及規則第六條規定「國道之縱坡度不得超過百分之五，但遇山地得增至百分之八。」及第七條規定「前條之坡度超過百分之五時，其長度不得大於一百公尺(330 呎)。」

街道之最大升坡適合於自備車(小汽車)可達 7% 而貨車則可達 4.5%。於降坡之處，如上升車輛較下降車輛之載重小時，則根據下降車輛之需要約為 4% 至 7% 之間，因超過 4% 時則需應用制動機。

第八節 平曲線部分之縱坡度

平曲線部分，車輛行經其間，因有離心力之作用，以致車輛與路面發生甚大之阻力。曲線半徑愈小，則阻力愈大。如於平曲線部分，設置縱坡度，則車輛且同時亦受坡度之阻力。如此，易致車輛有傾覆等之危險。故於平曲線部分須盡量避免縱坡度。如用坡度，則須減少之。根據鐵道部公佈之國道工程標準及規則之第十四條規定：「國道之平曲線半徑在一百公尺(330 呎)以下時，應減少路面之縱坡度。」其坡度之減少量之計算，普通用下式

$$S_1 = 0.05D \dots\dots\dots (1)$$

式中： S_1 = 應減坡度之量(%)

D = 曲線之度數 (Degree of curve)

又據美國加利福尼亞州 (California) 之規定，縱坡度在 6% 以下，可用下式計算其限制之坡度。

$$S_2 = 6\% - \frac{75}{R} \dots\dots\dots (2)$$

式中： S_2 = 限制坡度 (%)

R = 曲線之半徑 (Radius of curve) 以公尺計。

〔例〕 設一平曲線為 80 公尺 (253 呎) 其兩端之縱坡度為百分之六。問於曲線部分其坡度應為若何？

〔解〕 $R = 80$ 公尺 (253 呎)

$$D = 23^\circ$$

依(1)式得

$$\begin{aligned} S_1 &= 0.5D \\ &= (0.05)(23) = 1.15\% \end{aligned}$$

故坡度應至 $6 - 1.15 = 4.85\%$

依(2)式得

$$\text{最大之限度} = 6 - \frac{75}{80} = 6 - 0.94 = 5.06\%$$

第九節 其他部分之縱坡度

道路在其他部分〔如隧道 (Tunnels) 之內〕其縱坡度根據鐵道部公佈之國道工程標準及規則第二十九條之規定 | 隧道之路線縱

坡度由中部向兩端傾斜。」此種傾斜之目的在使隧道內不致發生積水之現象而有損路面。故傾斜之度僅求便於排水爲已足。

道路有時與鐵路成水平之交叉。爲避免危險計，其坡度亦有限制。按照南京市工務局頒佈之道路設計準則之規定：「道路與鐵路之交叉點之前後，須設置六十公尺（一百九十二呎）以上之直線，其縱坡度不得大於百分之二之坡度。」

道路之橋梁部分。橋上亦有 0.3% 之坡度向二端傾斜以利排水。橋梁之二端普通於一百呎（三十公尺）左右不用縱坡度，然普通橋梁常爲較低，二端必須應用坡度者，則均在百分之二以下。

道路經山谷部分，其縱坡度如於降坡後接有升坡，或用水平者均不適宜，否則山谷之水易於積聚路面，或僅濕軟或竟沖去路面，此等均有礙路面之繕修及保養也。

第六章 豎曲線

第一節 豎曲線之意義、用途及種類

豎曲線 (Vertical curve) 為連接道路縱坡度變遷之曲線是也。設置豎曲線之用途，約可分為下列四點

(1) 避免坡度變遷成一角度，使車輛經過坡度變遷之點，不致有劇烈之轉折致多耗能力及發生危險。

(2) 於凸地坡度變遷之點，(如二升坡之相遇，而第二升坡較第一升坡為小，二降坡之相遇而第二降坡比第一降坡為大；一升坡與一平地相遇，或一平地與一降坡相遇等。) 設置豎曲線，以得二車之視距(見本章第二節)。如此則可避免相撞之危險。

(3) 山嶺區之路如用豎曲線則可減少土方工程。

(4) 增加道路之美觀。

豎曲線之種類依形式可分下列二種：

(1) 弧形線。為圓周之一部。

(2) 拋物線。

第二節 視距(Sight distance)

視距為駛者所能視及相對而來之他車與原車間之距離是也。

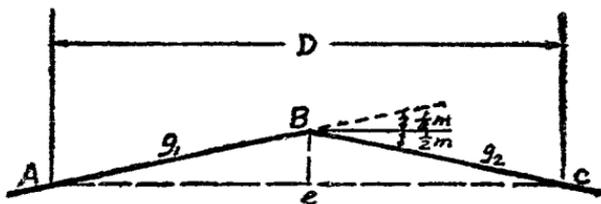
視距為凸曲線之特點。其用途如第一節(2)所述為避免車輛相撞之

危險。

視距之長度隨各種路線之交通量及車輛之速度等而異。務使二車於視距之始點相見，而應用制動機施行停車不致相撞。故視距之長度不僅受車速之影響同時亦受駛者視線 (Line of sight) 高度之影響也。普通自備車駛者視線高度約離地面五呎 (1.5 公尺)。根據實驗之結果，如一貨車有四輪之制動機 (Brake)，於每小時 50 哩 (每小時 80 公里) 之高度速率行駛，可在 250 呎 (75 公尺) 內停止。此即設交通繁盛之道路其最小視距應為 500 呎 (150 公尺)。交通量較少之道路其視距約為前者之半，即 250 呎 (75 公尺)。我國國道之視距根據國道標準及規則第十二條之規定：「國道路面之直視線不得短於 100 公尺 (330 呎)。」

第三節 不設置豎曲線之最大坡度變遷

不設置豎曲線之最大坡度變遷 (即二坡度之代數差)。即坡度變遷未達若干程度可不必設置豎曲線。其原理見第 13 圖所示。



第 13 圖

設： $g_1 = AB$ 之坡度
 $g_2 = BC$ 之坡度
 $m^{\circ} =$ 坡度變遷 (即 $g_1 - g_2$)
 $D =$ 視距

由第 13 圖所示，如 $Be =$ 視線之高度，即可不必設置豎曲線。

則： $Be : \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} m$

故： $m = 4 \frac{Be}{D}$

普通 $Be = 1.5$ 公尺 (見第二節)

故： $m = 4 \frac{(1.5)}{D} = \frac{6}{D}$

由此可求出各種交通量路線不設置垂直曲線之最大坡度變遷如下

繁盛交通線 $D = 150$ 公尺, $m = \frac{6}{150} = 4\%$

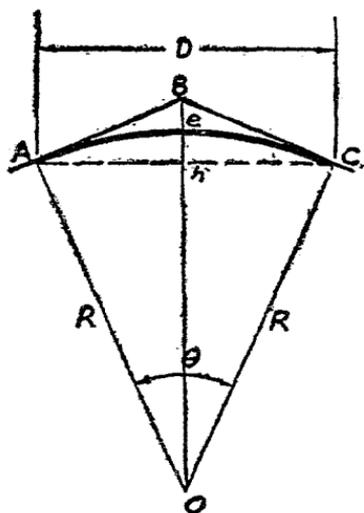
普通交通線 $D = 100$ 公尺, $m = \frac{6}{100} = 6\%$

較小交通線 $D = 75$ 公尺, $m = \frac{6}{75} = 8\%$

事實上所求出者僅為理論的價值，普通不至達此限度。為安全計，坡度差甚小時即須設置曲線。根據國道標準及規則第十九條規定：「路面縱坡度之改變在千分之五以上時，其二面直線須用豎曲線連接。」

第四節 弧曲線之最小半徑

弧曲線之最小半徑，隨交通量之繁簡，視線之高度，視距之長短等而改變。如交通量愈繁則半徑需要亦愈大，可使曲線之曲率不致過大。弧曲線最小半徑之計算見第 14 圖所示。



第 14 圖

設： $\widehat{AC} = AB$ 及 BC 二縱
坡度設置之豎曲
線。

R = 弧曲線之半徑。

eh = 視線之高度。

由直角三角形定律得：

$$\begin{aligned} R^2 &= \left(\frac{D}{2}\right)^2 + (oh)^2 \\ &= \left(\frac{D}{2}\right)^2 + (R - eh)^2 \end{aligned}$$

因： $eh = 1.5$ 公尺 (5 呎)，得
最小半徑公式：

$$\begin{aligned} \text{標準制 } R^2 &= \left(\frac{D}{2}\right)^2 \\ &+ (R - 1.5)^2 \end{aligned}$$

$$R = \frac{1}{3}(0.25D^2 + 2.25)$$

$$\text{英美制 } R^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 + (R - 5)^2$$

$$R = 0.025D^2 + 2.5$$

各種交通量路線之最小曲線半徑如下：

繁盛交通線

$$D=150 \text{ 公尺}$$

$$R = \frac{1}{3} [0.25(150)^2 - 2.25] = 1840 \text{ 公尺 (6025 呎)}$$

普通交通線

$$D=100 \text{ 公尺}$$

$$R = \frac{1}{3} [0.25(100)^2 - 2.25] = 833 \text{ 公尺 (2730 呎)}$$

較小交通線

$$D=75 \text{ 公尺}$$

$$R = \frac{1}{3} [0.25(75)^2 - 2.25] = 470 \text{ 公尺 (1540 呎)}$$

第五節 凹地之豎曲線

凹地之豎曲線，無視距之影響。然為免除車輛之劇烈轉折起見，故亦須設置較平坦之縱斷曲線。普通與道路之顯示 (Appearance)，填土之多寡等均有關係。根據佛里斯 (Vries Breckmann) 氏在第一次國際道路會議時宣佈其研究之結果，凹地縱斷曲線與車速，坡度變遷及曲半徑之關係如第 7 表所示。

第 7 表 佛里斯氏凹地之豎曲線

速 度	km/hr.	18	36	54	72	90	108	126	144	150
	mi/hr	11	22	34	45	56	67	78	90	93
坡度變遷	1:r	1:18	1:36	1:54	1:72	1:90	1:108	1:126	1:144	1:150
	%	5.6	2.8	1.9	1.4	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7
曲線半徑	公尺(m)	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1500
	呎(ft.)	590	1180	1770	2360	2950	3540	4130	4720	4920

第六節 豎曲線之長度

豎曲線之長度隨各種交通量而異。其最短之限度根據國道標準及規則第二十條規定：「豎曲線之長不得小於三十公尺（100呎）。」普通曲線長度可由第 15 圖所示。

設 R = 曲線半徑
 g_1 = AB 之坡度
 g_2 = BC 之坡度
 l = 曲線長

則： $\theta = \tan^{-1}(g_1 - g_2)$

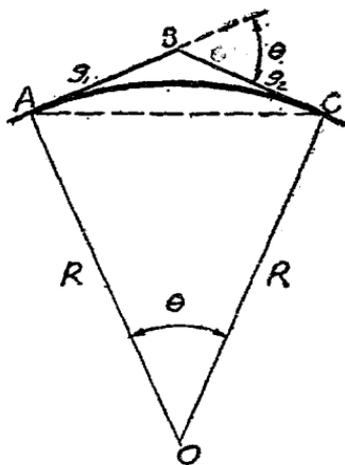
今： $\frac{\theta}{360} = \frac{l}{2\pi R}$

故 $l = \frac{2\pi R \theta}{360}$
 $= \frac{2\pi R}{360} \times$

$\tan^{-1}(g_1 - g_2)$

$l = 0.01745R \times$

$\tan^{-1}(g_1 - g_2)$



第 15 圖

式中 $\tan^{-1}(g_1 - g_2)$ 之單位為度數。求出 l 之單位隨 R 之單位而定之。 l 求得後，須加大至一整數以便計算。

R 之最小值按第四節所示，可得各種交通線之最小曲線之長度公式如下：

繁盛交通線 $R=1840$ 公尺

$$l=0.01745(1840)\tan^{-1}(g_1-g_2)$$

$$=32.1\tan^{-1}(g_1-g_2)$$

普通交通線 $R=833$ 公尺

$$l=0.01745(833)\tan^{-1}(g_1-g_2)$$

$$=14.5\tan^{-1}(g_1-g_2)$$

較小交通線 $R=470$ 公尺

$$l=0.01745(470)\tan^{-1}(g_1-g_2)$$

$$=8.2\tan^{-1}(g_1-g_2)$$

式中求出 l 之單位當為公尺計。

如曲線之曲度愈小，即曲線半徑愈大，則曲線長度可愈短。反之須愈長。上列公式於拋物線亦得應用。然事實上求出之值往往過小故須放長。根據設計者之經驗由坡度變遷及交通量等決定。其由計算所得之價值僅供參考而已。

第七節 拋物線之豎曲線計算法

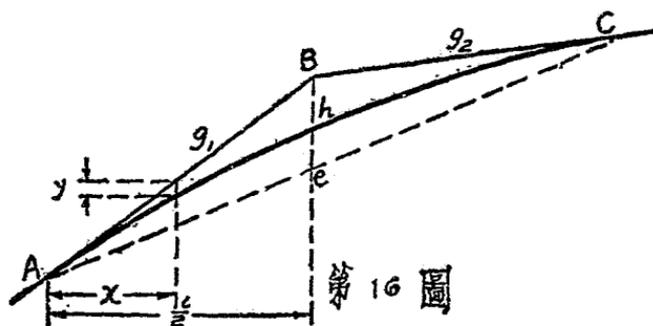
拋物線之豎曲線普通用之甚多，其計算之法如下。見第 16 圖所示。

設： $g_1=AB$ 之坡度

$g_2=BC$ 之坡度

AhC = 欲放入之拋物線

l = 曲線之長(以水平距離計算)



由拋物線公式所得：

$$y : \overline{hB} = x^2 : \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

因曲度尙小故 y 可視為垂直 AB ，而 Bh 為 $\angle ABC$ 之分角線。

$$J = \frac{x^2 \overline{hB}}{\left(\frac{l}{2}\right)^2}$$

今 = 曲線長度，

$$\text{坡度變遷} = g_1 - g_2$$

$$\begin{aligned} \text{則 } hB &= \frac{1}{2} Bc = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} l \left\{ \frac{1}{2} (g_1 - g_2) \right\} \right] \\ &= \frac{1}{8} l (g_1 - g_2) \end{aligned}$$

如曲線之長度已知，則 $\left(\frac{\overline{hB}}{\left(\frac{l}{2}\right)^2}\right)$ 為一常數 (k)。

$$k = \frac{\overline{hB}}{\left(\frac{l}{2}\right)^2} = \frac{l}{8} \frac{1}{l} (g_1 - g_2) = \frac{g_1 - g_2}{2l}$$

$$\text{故 } y = kx^2$$

則曲線上之任何點均可依此公式求得之。普通多隨各曲線之需要以 10 或 20 公尺，或 25 呎或 50 呎相隔求之。求得其高低度後再以直線連接之。

〔例〕設有兩縱斷坡度。一為百分之二之降坡，一為百分之三之升坡。相交於站號 45+60 之處，其高低度(Elevation)為 +102.5 呎。試於其間設置一豎曲線。(普通幹線)

$$\text{今 } g_1 = -2\%$$

$$g_2 = +3\%$$

曲線長度按第六節公式最短限度為：

$$\begin{aligned} l &= 14.5 \tan^{-1}(0.5) \\ &= (14.5)(2.866) \\ &= 42 \text{ 公尺 (138 呎)} \end{aligned}$$

今決定曲線之長度為 300 呎。於坡度之變遷點之前後各為 150 呎。於每隔 25 呎計算其高低度。

見第 17 圖所示。其結果由第 8 表示之

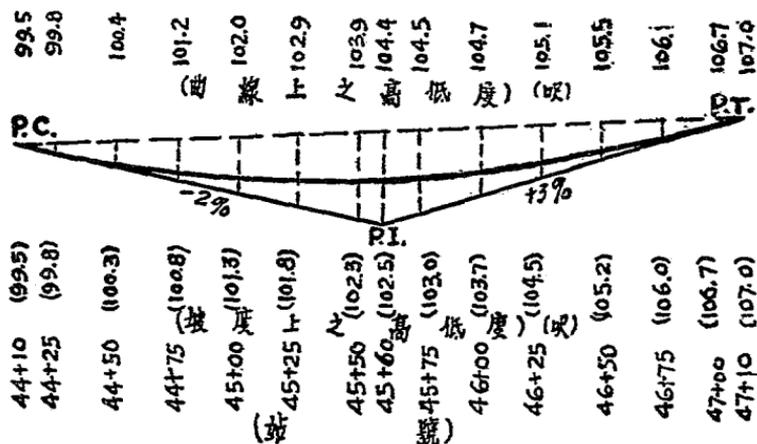


圖 17

第 8 表 豎曲線計算舉例

$$\left[k = \frac{0.05}{2(300)} = \frac{1}{12000} \right]$$

站 號	坡度上之高低度 (呎)	至曲線始終點距離 (呎)	坡度上之應增之高度 $y = kx^2$ (呎)	曲線上之高低度 (呎)
44+10	99.5	—	—	99.5
44+25	99.8	15	$(15)^2/12000 = 0$	99.8
44+50	100.3	40	$(40)^2/12000 = 0.1$	100.4
44+75	100.8	65	$(65)^2/12000 = 0.4$	101.2
45+00	101.3	90	$(90)^2/12000 = 0.7$	102.0
45+25	101.8	115	$(115)^2/12000 = 1.1$	102.9
45+50	102.3	140	$(140)^2/12000 = 1.6$	103.9
45+60	102.5	150	$(150)^2/12000 = 1.9$	104.4
45+75	103.0	135	$(135)^2/12000 = 1.5$	104.5
46+00	103.7	110	$(110)^2/12000 = 1.0$	104.7
46+25	104.5	85	$(85)^2/12000 = 0.6$	105.1
46+50	105.2	60	$(60)^2/12000 = 0.3$	105.5
46+75	106.0	35	$(35)^2/12000 = 0.1$	106.1
47+00	106.7	10	$(10)^2/12000 = 0$	106.7
47+10	107.0	—	—	107.0

第七章 平曲線 (Horizontal curve)

第一節 平曲線之意義、用途及種類

平曲線(Horizontal curve) 爲連接道路水平方向路線變換之曲線。

普通車輛之行駛，路線當力求簡短，故以直線爲最佳。然因地勢之限制，如咸用直線，則縱坡度易致過大，有損車輛之本身及其能力；或致填挖之土方工程過鉅，建築費增大甚多。故隨地勢之所需，路線常採用迂迴之法以減少坡度及土方等。且於方向變換之處插入平曲線，使交通之轉向不致過劇，且可有適當之視距，以免車輛相撞之危險，更可增加道路之美觀也。

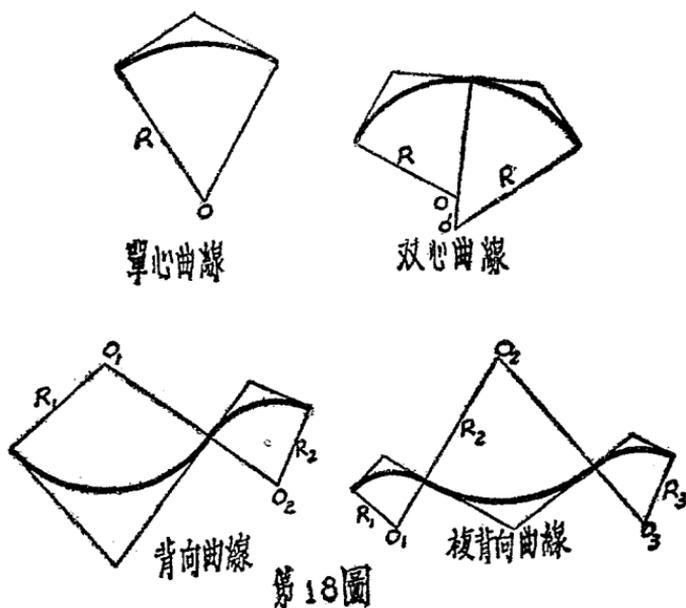
普通曲線之種類可分下列二種：

(一)拋物線(Parabolic curve)——爲拋物線之一部分。其二端方向之變換不致過急，實爲理論上最有利於車輛之行駛。然事實上設置頗感困難，故應用者甚鮮。

(二)弧曲線(Circular curve)——爲圓周之一部分。其二端方向之變換雖不如拋物線之緩和，惟設置便利，故均應用之。弧曲線可分四種，見第 18 圖所示。

(1)單心曲線——由一圓心所成圓周之一部份。

(2)雙心曲線——由二單心曲線於相同方向，連結而成。



(3)背向曲線——由二單心曲線於相反方向，連結而成。

(4)複背向曲線——由三單心曲線，於相反方向，交互連結而成。

第二節 曲線彎曲率之單位及其各部之計算法

曲線彎曲率之單位普通有下列二種：

(一)以曲線半徑為單位 —— 曲線之彎曲率隨曲線之半徑而異。半徑愈大，彎曲率愈小，反則愈大。此種單位，歐洲各國多採用

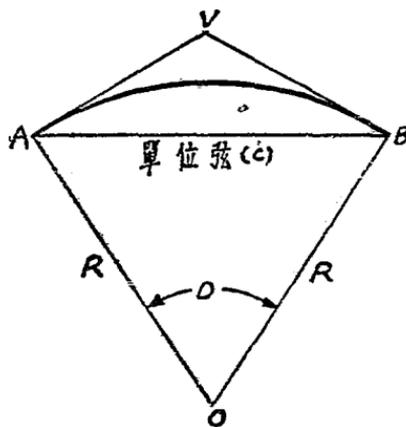
之。

(二)以單位弦所成圓心角為單位——如圓之弦，長度一定，則曲線之彎曲率隨此弦所對之圓心角而變遷，故以單位弦所成曲線之曲度以各種圓心角示之。見第 19 圖所示。

D = 單位弦所成圓心角 (Degree of curve)。

R = 曲線半徑。

c = 單位弦。



第 19 圖

普通單位弦之長度美國採用 160 呎，而標準制亦有用 20 公尺者。

由第 19 圖可得：

$$\sin \frac{D}{2} = \frac{\frac{1}{2} AB}{R} = \frac{c}{2R} \dots\dots\dots(1)$$

$$c = 2R \sin \frac{D}{2} \dots\dots\dots(2)$$

今 $c = 100$ 呎,

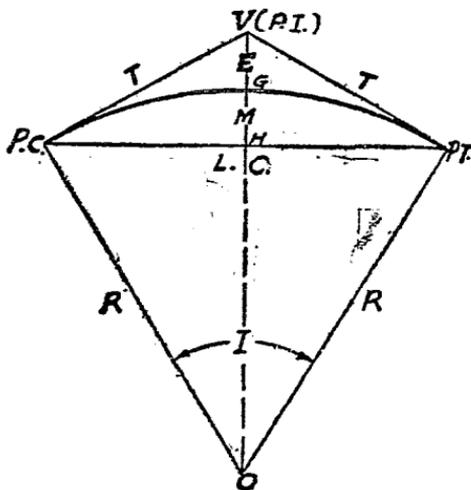
$$\text{則 } \sin \frac{D}{2} = \frac{50}{R} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{反之, } R = \frac{50}{\sin \frac{D}{2}}$$

故 R 及 D 間有相連之關係, 可相互求得。爲便於應用起見, 可由附表一內查得之。

普通 R 之值可用下式求得其近似值:

$$R = \frac{5730}{D} \dots\dots\dots(4)$$



第 20 圖

D 以度数计, 而 R 以呎计。

曲线之各部, 如第 20 图所示。

图中: P.C. = 曲线起点(Point of curve)。

P.T. = 曲线终点(Point of tangency)。

V = 切线之交点(Vertex. 即 P.I.)。

I = 中心角(Central angle)。

LC = 曲线之弦长(Long chord)。

M = 弦距 (Middle ordinate)。为曲线之中
点与弦之中点之连线。

E = 外距(External distance)。由 V 至曲
线中点之连线。

T = 切线长(Tangent length)

由第 20 图得:

$$T = R \tan \frac{1}{2} I \dots\dots\dots (5)$$

$$LC = 2R \sin \frac{1}{2} I \dots\dots\dots (6)$$

$$M = R \operatorname{vers} \frac{1}{2} I \dots\dots\dots (7)$$

$$E = R \operatorname{exsec} \frac{1}{2} I \dots\dots\dots (8)$$

以(8)除(5)得:

$$\frac{T}{E} = \frac{\tan \frac{1}{2} I}{\operatorname{exsec} \frac{1}{2} I}$$

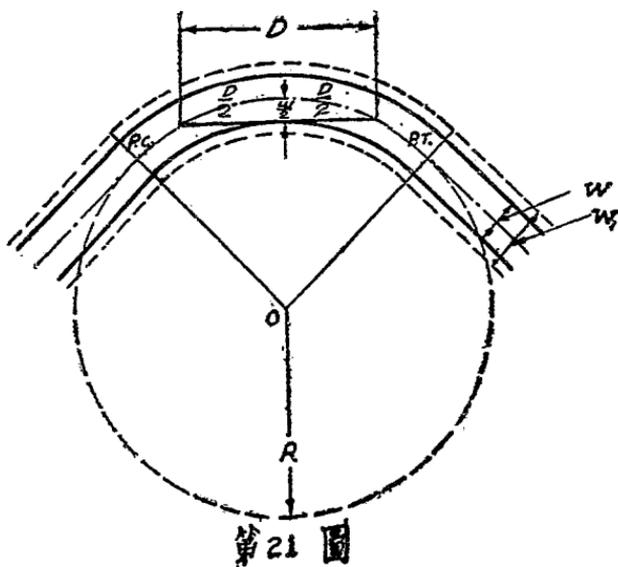
$$T = \frac{E \tan \frac{1}{2} I}{\operatorname{exsec} \frac{1}{2} I}$$

$$= E \cot \frac{1}{4} I \dots\dots\dots (9)$$

第三節 平曲線彎曲率限度之原理

平曲線之彎曲率限度，主要者為車輛之長度，及視距等。茲分述如下：

(一)視距對平曲線彎曲率之限度 —— 視距為二車相對行駛，駛者能視及對方車輛之距離(見第六章第二節)。其目的為避免車輛之相撞。普通視距根據國道工程標準及規則之規定，最小為 100 公尺(330 呎)。普通繁盛之交通則最小之視距為 150 公尺。其對平曲線之影響，見第 21 圖所示。



圖中： W = 路寬

D = 視距

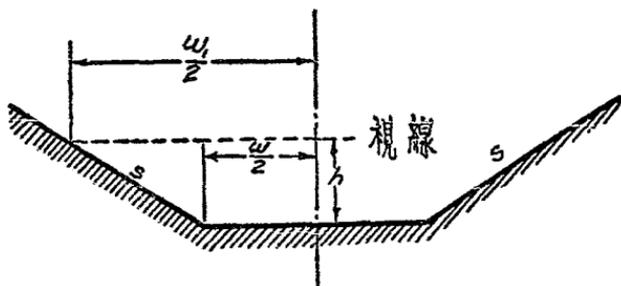
R = 曲線之最小半徑。

由第 21 圖，按幾何學原理得：

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

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

求出之值，事實上應用甚少。僅在路側有密集之房屋，樹林等情形適用之，在填土部分不受視距之影響。在挖土部分，因有坡度之存在而視界以致增加。第 21 圖之虛線部分即示視線增加之寬度。第 22 圖即其橫斷路面之情況。



第 22 圖

圖中： s = 斜坡。

W_1 = 視界寬度。

h = 視線高度。

設： D = 視距。

R = 最小曲線半徑。

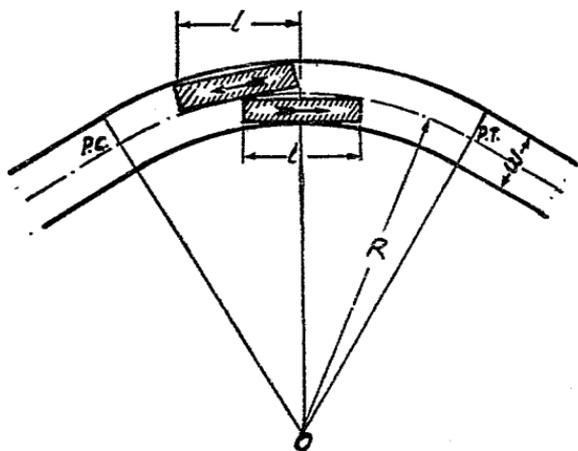
則：
$$\frac{W_1}{2} = \frac{W}{2} + hs \dots\dots\dots (A)$$

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \left(\frac{W_1}{2}\right)\left(2R - \frac{W_1}{2}\right)$$

$$R = \frac{W_1}{4} + \frac{D^2}{4W_1} \dots\dots\dots (B)$$

由(A), (B)可求出 R 之值。

(二) 車輛長度對平曲線彎曲率之限度 —— 車輛之長度如較大，則曲線之彎曲率須小，亦即半徑須較大。見第 23 圖所示。



第 23 圖

設 l = 車之長度。

R = 曲線半徑。

$W = \text{路寬}$

由第 23 圖所示，按幾何學原理得：

$$l^2 = \left(2R + \frac{W}{2} \right) \left(\frac{W}{2} \right) = RW + \frac{W^2}{4}$$

$$R = \frac{l^2}{W} - \frac{W}{4}$$

求得之結果，事實上頗少實用。因汽車之速度甚大，長度又小，而曲線之曲度限制已受視距所定。惟在動物牽引車輛之道路尚可適用。此因動物牽引之車輛有時可連結而進行。l 之值較大，求出 R 之值亦較大。同時因其速度較緩，受視距之影響甚小也。普通馬車之長度為 6 公尺 (20 呎)，雙馬牽引一車，馬約在車前 4 公尺 (13 呎)；如再增一對，則又增加 3 公尺 (10 呎)，故如應用四馬之車輛，總長為 13 公尺 (43 呎)。然歐美各國咸採用 15 公尺 (50 呎) 以資計算。

第四節 平曲線之最小半徑

平曲線之彎曲率限度原理既如前節所述，故根據以上之原理，再加安全率之考慮，其最小之半徑自可決定。按照南京市道路設計準則規定，普通道路最小半徑為 25 公尺 (82 呎)，鄉村道路最小半徑為 12 公尺 (40 呎)。國道之最小半徑按照國道工程標準及規則第十三條規定「國道之平曲線半徑不得小於一百公尺 (328 呎)，但遇特別情形時得減至五十公尺 (164 呎)。」

第五節 超高度(Superelevation)

車輛行經平曲線部分，發生離心力作用，使車輛有外傾或外滑之現象。離心力之大小隨車輛之重量，速度，及曲線半徑而異。根據力學原理：

設： $F = \text{離心力。}$
 $W = \text{車輛重量。}$
 $R = \text{曲線半徑。}$
 $V = \text{車輛速度。}$
 $g = \text{重力加速度。英美制爲 } 32.19 \text{ 呎}/(\text{秒})^2 \text{，}$
 $\text{標準制爲 } 9.80 \text{ 公尺}/(\text{秒})^2 \text{。}$

得： $F = \frac{W V^2}{g R} \dots\dots\dots (A)$

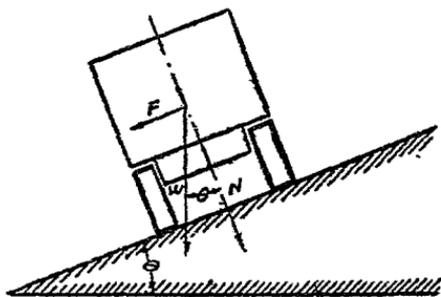
欲抵抗此力，須加高曲線部分道路之外側，使增加車輪及路面之磨擦阻力及坡度阻力，而有內傾之勢，與前者相消。此外側之加高即超高度(Superelevation)是也。

增加超高度所生阻力之原理見第 24 圖所示。

設 $F = \text{阻力。}$
 $\theta = \text{超高之角度。}$
 $k = \text{車輪及路面之磨擦阻力係數。}$

由第四章第二節所得：

$$F = W(\tan\theta + k) \dots\dots\dots (B)$$



第 24 圖

將(A)及(B)兩式相等得：

$$\frac{W V^2}{g R} = W(\tan\theta + k)$$

$$\text{得：} \quad \tan\theta = \frac{V^2}{g R} - k$$

此式求出 $\tan\theta$ 之值即每單位之路寬加高之量，又名單位超高度。上式之各項單位未定，故由單位之異 得下列二式：

$$\underline{\text{標準制}} \quad \underline{\text{單位超高度} = 0.0079 \frac{V^2}{R} - 0.1}$$

式中： 單位超高度為每路寬 1 公尺，加高公尺之量。

V = 車速。每小時公里計 (km./hr.)。

R = 曲線半徑。公尺 (m.)。

$$\underline{\text{英美制}} \quad \underline{\text{單位超高度} = 0.067 \frac{V^2}{R} - 0.1}$$

式中，單位超高度為每路寬 1 呎，加高呎之量。

V = 車速。每小時哩計(mi/hr.)。

R = 曲線半徑。呎(ft.)

〔例〕 設某路某段平曲線之半徑為 200 呎 (61 公尺)。如車速為每小時 20 哩 (32.2 公里/每小時)，路寬為 20 呎(6.1 公尺)。求其總超高度。

今： $V = 20 \text{ mi./hr.} = 32.2 \text{ km./hr.}$

$R = 200 \text{ ft.} = 61 \text{ m.}$

$W = 20 \text{ ft.} = 6.1 \text{ m}$

標準制 單位超高度 $= 0.0079 \frac{(32.2)^2}{61} - 0.1$
 $= 0.034$

總超高度 $= (0.034)(6.1) = 0.21 \text{ 公尺}$

英美制 單位超高度 $= 0.067 \frac{(20)^2}{200} - 0.1$
 $= 0.034$

總超高度 $= (0.034)(20) = 0.68 \text{ 呎。}$

按求出之值，0.21 公尺實等於 0.68 呎，故二公式實相符合。

第六節 道路平曲線部分之加寬

(Widening of horizontal curve)

車輛行經道路之平曲線部分因受離心作用有外傾之勢。然為

抵抗此勢，故車輛常向曲線內側行駛。則內側路肩受損甚大，同時亦生撞車等危險。為避免此種弊端，故加寬路之內側，既可不損道中內側之路肩，且可增加道路之視距，車輛之安全性自必大矣。

道路之平曲線半徑如在 750 呎 (230 公尺) 以下，均須加寬。其加寬之度，計算頗為不易，多由經驗而定。根據華薛氏 (Voshell) 定律，可用下式計算：(見第 25 圖)

$$\text{標準制} \quad W_w = 2[R - \sqrt{R^2 - L^2}] + \frac{5.9}{\sqrt{R}}$$

式中： W_w = 加寬量。公尺 (m.)

R = 曲線半徑。公尺 (m.)

L = 車輛長度。公尺 (m.) 普通為 6.1 公尺。

$$\text{英美制} \quad W_w = 2[R - \sqrt{R^2 - L^2}] + \frac{35}{\sqrt{R}}$$

式中： W_w = 加寬量。呎 (ft.)

R = 曲線半徑。呎 (ft.)

L = 車輛長度。呎 (ft.) 普通為 20 呎。

〔例〕 設某路某段之曲線半徑為 100 公尺 (330 呎)。求其加寬之量為若干？

今： $R = 100 \text{ m.} = 330 \text{ ft.}$

$L = 20 \text{ ft.} = 6.1 \text{ m.}$

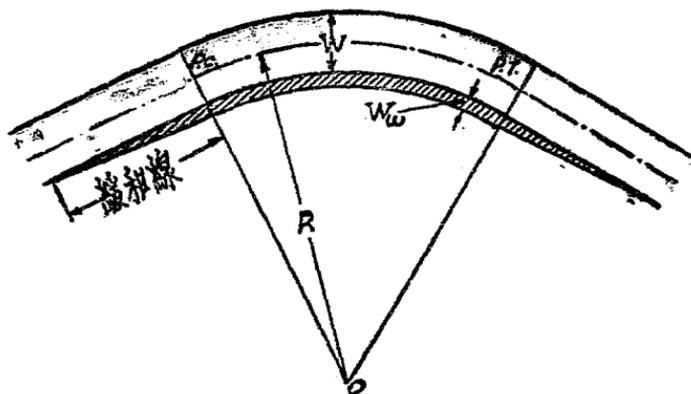
$$\text{標準制} \quad W_w = 2[100 - \sqrt{(100)^2 - (6.1)^2}] + \frac{5.9}{\sqrt{100}}$$

$$\text{英美制 } W_w = 2[330 - \sqrt{(330)^2 - (20)^2}] + \frac{35}{\sqrt{330}} \\ = 3 \text{ 呎。}$$

二式所得結果相同。

第七節 緩和曲線(Easement)

平曲線部分既有加寬及超高度，則其起迄點如為平地及原有寬度，則車輛行駛不便，故於曲線之二端各設緩和曲線。如第 25 圖所示。



第 25 圖

緩和曲線之外側，由曲線起迄點與超高度相等，漸次降下，至線之末端與原來道路相平。其寬度亦然，在曲線之起迄點與加寬相同，至線之末端與原來路寬相合。此緩和曲線長度之計算亦隨各曲

線之曲度(即半徑之大小)而改變。按曲線加寬及超高度均由道路寬度及半徑求出。故此緩和部分之長度可由超高度求出。普通可由下式求之。

設 l_s = 曲線之總超高度。

l_e = 緩和線之長度。

則 $l_e = 75 l_s$

緩和曲線之最小長度，根據國道工程標準及規則第十七條之規定為 15 公尺 (50 呎)。

第八節 曲線之其他規定

曲線之其他規定，如曲線間插入直線之長度，橋梁，及隧道之兩端，及交叉點之曲線等。

在雙心曲線之半徑較小者，為車輛安全計，故須插入直線一段，以資緩和曲度。其直線之是否需要插入及其長度，均隨經驗而定。吾國國道根據國道工程標準及規則第十五條規定：「同向二曲線之半徑小於一百二十公尺 (400 呎) 且兩半徑之差超過三十公尺 (100 呎) 時，兩線之間應以三十公尺 (100 呎) 以上之直線連接之。」

在背向曲線部分。車輛行經二曲線之連接處，驟然轉變方向，其危險性更大，故背向曲線二曲線之連接處必須間隔直線一段。此

線之長度視二曲線之曲度而變更，多根據經驗而定。根據國道工程標準及規則第十六條規定：「背向二曲線須於兩線之間置六十

公尺(200 呎)以上之直線連接之。」

橋梁及隧道之兩端，如以曲線連接，則車輛因有慣性作用，且橋梁及隧道部分寬度較小，故危險甚大。故橋梁及隧道之兩端一定距離不能有曲線。根據國道工程標準及規則第十八條規定「平曲線之始終點距橋梁或隧道之兩端至少須三十公尺(100 呎)。」

道路之交叉點，由一道路轉至另一道路，其曲線之曲度普通幹線不得超過 7° ($R=820$ 呎 = 250 公尺)。支線不得超過 12° ($R=480$ 呎 = 145 公尺)。

第八章 道路之寬度 (Width of Road)

第一節 概說

道路之寬度須適合於當地交通量之需要，建築費等而決定。如道路之寬度較大，其利可有下列數點：

1. 交通之效率可增大。
2. 交通之安全亦增大。
3. 陽光充足，路面易於乾燥，在街道尤甚。
4. 便於未來道路之發展。
5. 偶遇火警，可有防火線之效。
6. 增加道路美觀。

然道路如過寬則建築費，購地費，保養及繕修等費均隨之而增大；且因過寬，反覺人車稀少，而有礙觀瞻。故其寬度之決定實須因地制宜，以適所需。

第二節 路界之寬度 (Right of way)

路界之寬度視車道，人行道及側溝之寬度，與填土挖土之坡腳所達之寬度如何而定。然事實上尚須考慮其未來道路之發展如何。交通繁盛之區，其交通之發展甚速，故未來路寬之發展既難預測，則路界之寬度自難決定。否則如武斷決定，不顧及將來之發展，則

至需要發展時困難必增，而路側之財產損失實難估計矣。職是之故，近代各國之路界寬度多採用較大之寬度。英國近達145呎(44公尺)，法國達240呎(73公尺)，德國達190呎(58公尺)，美國達150呎(46公尺)者。而我國南京市亦有用至132呎(40公尺)。以待未來之發展，且為避免浪費土地起見，界內之土地仍得利用，惟為需用時須隨時遷出，故不能有永久之建築物。

普通交通繁多之商業區如車道在60呎(18公尺)再加人行道及側溝等，至小須達100呎(30公尺)。然在交通量較少之道路，如車道20呎(6.1公尺)，雖有較大之路肩側溝，或有相當深度之填挖土，路界用66呎(20公尺)之寬度則已足夠。

第三節 車道之寬度

道路之車道(Roadway)寬度隨車輛之寬度，速度，及交通量之多寡，路基狀況等等而異。茲分述如下：

(一)道路寬度以車輛寬度及速度而計算——普通車輪間之寬度為6呎(1.8公尺)，車輛之全寬為8呎(2.44公尺)。如二車相對而行，尚需增加車輛間寬餘之地約2呎(0.6公尺)。故依車輛寬度而言，二車線(traffic lane)需20呎(6.1公尺)，至少需18呎(5½公尺)。以後每增加一車線，路寬須增加9呎(2.75公尺)。此即三車線之道路，路寬須27呎(8.25公尺)；四車線之道路路寬須36呎(11公尺)以上。

普通道路之寬度由實驗而得可由下式計算之。

$$\text{標準制 } W = W_1 + k_1 + 0.0177V$$

式中： W = 道路寬度。公尺(m.)

W_1 = 車輛最大寬度。公尺(m.)

k_1 = 常數 0.15—0.49 公尺。

V = 車輛速度。每小時公里計(km./hr.)。

$$\text{英美制 } W = W_1 + k_2 + 0.0935V$$

式中： W = 道路寬度。呎(ft.)

W_1 = 車輛最大寬度。呎(ft.)

k_2 = 常數。0.5—1.6 呎(ft.)

V = 車輛速度。每小時哩數(mi./hr.)。

〔例〕 設某路車輛之最大寬度為 8 呎(2.44 公尺)，車輛速度為每小時 20 哩 (32.2 公里/小時)。求其四車線需要之路寬為若干？

$$\text{今 } W_1 = 8 \text{ 呎} = 2.44 \text{ 公尺}$$

$$V = 20 \text{ mi/hr.} = 32.2 \text{ km./hr.}$$

$$\begin{aligned} \text{標準制 } W &= 4(2.44) + 0.49 + (0.0177)(32.2) \\ &= 10.9 \text{ 公尺, 用 } 11 \text{ 公尺。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{英美制 } W &= 4(8) + 1.6 + (0.0935)(20) \\ &= 35.47 \text{ 呎, 用 } 36 \text{ 呎。} \end{aligned}$$

所得結果與前段所定相符合。

(二)道路寬度以交通量計算——道路交通量之計算可應用下式求之。

$$\text{英美制 } Q = \frac{5280 NS}{L+C}$$

式中： Q = 交通量，每小時之車輛數

N = 車線數

S = 車輛平均速度。每小時哩數(mi./hr.)

L = 車輛長度。呎(ft.)

C = 車輛間隔距離。呎(ft.)

$$\text{標準制 } Q = \frac{1000 NS}{L+C}$$

Q = 交通量。每小時車輛數

N = 車線數

S = 車輛平均速度，每小時公里數
(km./hr.)

L = 車輛長度。公尺(m.)

C = 車輛間隔距離。公尺(m.)

式中 C 之值普通可用下式求出

$$\text{英美制 } C = 0.09 S^2 \quad (\text{普通 } C = 10 \text{ 呎} - 15 \text{ 呎})$$

$$\text{標準制 } C = 0.23 S^2 \quad (\text{普通 } C = 3 \text{ 公尺} - 5 \text{ 公尺})$$

由實地調查，交通量之需要，再由公式求出之值是否應許，否則須增加車線。事實上此交通之調查頗為困難。

(三)道路寬度按車輛之長度，及速度而計算——普通可應用下列公式求得之。

$$\text{標準制} \quad W = 5.5 + \frac{10.4 V_m}{1 + 0.024 V_{\max}^2}$$

式中： W = 路寬。公尺(m.)

V_m = 車輛平均速度。每小時公里數(km/hr.)。

l = 車輛長度。公尺(m.)

V_{\max} = 車輛之最大速度。每小時公里數
(km./hr.)。

$$\text{英美制} \quad W = 18 \left[1 + \frac{10 V_m}{1 + 0.2 V_{\max}^2} \right]$$

式中： W = 路寬。呎(ft.)

V_m = 車輛平均速度。每小時哩數(mi/hr.)，

l = 車輛長度。呎(ft.)

V_{\max} = 車輛最大速度。每小時哩數(mi/hr.)

〔例〕 設某路之一般車長達 15 呎(4.6 公尺)，其平均速度為每小時 10 哩(16.1 公里/每小時)最大速度為每小時 20 哩 (32.2 公里/每小時)，求需要之路寬。

今： $V_m = 10 \text{ mi/hr.} = 16.1 \text{ km./hr.}$

$V_{\max} = 20 \text{ mi/hr.} = 32.2 \text{ km/hr.}$

$l = 15 \text{ ft.} = 4.6 \text{ m.}$

$$\text{標準制} \quad W = 5.5 + \frac{(10.4)(16.1)}{4.6 + (0.024)(32.2)^2} = 11 \text{ 公尺}$$

$$\text{英美制} \quad W = 18 \left[1 + \frac{(10)(10)}{(0.2)(20)^2 + 15} \right] = 36 \text{ 呎。}$$

(四)車道寬度與其他之關係——路面材料之結實與否亦與路寬有關。如路面較不結實，則車輛行經其上，易生潰下之現象，此在填土部分甚顯。故其寬度須加大，以增支持之力。反之，如路面材料較結實者，則其寬度可較小。

車輛之載重寬度，各國均有限制，否則道路寬度之需要過大。普通以 8 呎(2.44 公尺)為限。車輛之長度亦有限定，否則曲線部分須特別加寬。普通以 10 公尺(33 呎)為限。

曲線部分，道路之加寬度在前章第六節已說明，茲不重覆。

橋梁及隧道等處常因節省建築費起見，故將寬度縮小。其最小之限度亦有規定。按國道工程標準及規則第四條之規定：「橋梁及隧道路面寬度不得小於 6 公尺(20 呎)。」

第四節 街道之寬度(Width of street)

街道寬度之決定，除第三節中所述之車寬，車速及交通量等之外，尚須考慮車輛停車之需要，車輛進出情形，橫穿之車輛，及行人之數量等等。街道之寬度包括車道及人行道，車道內有時有電車線之設置，寬度更大。各種街道所需之寬度各異，茲分述如下：

住宅區之街道。於較小之城市，街之二邊多為住宅，其間或有少量之店舖者，則以三車線已足應用。其中車線可供行駛車輛之用，二側車道可供停車之用。此種街道之寬度為 30 呎(9.2 公尺)，有時可減少至二車線，即 20 呎(6.1 公尺)之寬度。然如二邊住戶自備汽車者多，或進出較多，則可達四車線，即 36 呎(11 公尺)

寬度。

商業區之街道。於零售商較多之區即小城市之主要街道，或大城市中之較大街道。此種街道不獨須適合車輛之行駛，同時並需適行人之往來。故人行道之寬度必佔重要地位。有達全寬之三分之一者。此種街道普通達 40 呎(12.2 公尺)，然如人口較多者須放寬至 60 呎(18.3 公尺)左右。商業區之批發商區域之街道，性質與前者又異。因欲便於貨物裝卸於車輛，故其人行道均可減少。有時可不設人行道者。為便於車輛之停靠，故街道之寬度，須考慮停車所需之寬度為若干。普通停放車輛，約需 20 呎(6.1 公尺)之距離。故批發商區域之街道須達 60 呎(18.5 公尺)。其中部為二車線，寬 21 呎(6.1 公尺)，二邊各供停車之用，各寬 20 呎(6.1 公尺)。

有電車之街道，須加電車線之寬度。普通單線電車（即僅一行電車通行者），需寬 10 呎(3 公尺)，如雙線電車，（即有來往之電車者），需增寬至 18 呎(5.5 公尺)足矣。

人行道 (Side walk) 之寬度，視各處之行人數量及速度等而異。行人數量較多之處，普通人寬以 2.5 呎(0.75 公尺)計算。前人與後人之相距以 5 呎(1.5 公尺)計算。故一人所佔之面積為 $2.5 \times 5 = 12.5$ 平方呎（即 1.125 平方公尺）。如行人步行速度以每小時 2 哩(3.2 公里/每小時)即 2.94 呎/每秒(0.89 公尺/秒)，則人行道之寬度，每寬一呎(0.3 公尺)，每分鐘可通行之人數(N)為：

$$N = \frac{(2.94)(60)}{(2.5)(5)} = 14 \text{ 人}$$

事實上如遇天雨則須持傘，寬度尙不足；或有婦孺等之行人，速度甚緩，故此數尙難應用。

普通一段之人行道之寬度；住宅區之街道則爲 5 呎至 8 呎 (1.5 公尺至 2.5 公尺)。商業區之街道，人行道須放寬至 10 呎至 30 呎 (3 公尺至 9 公尺)。

第九章 路冠(Crown)

第一節 路冠之意義、用途及種類

道路之中心部恆較二側為高，形成向二側傾斜之坡度，名曰路冠(Crown)。又名橫斷坡度(Cross-slope)。其計算之法，為路冠之總高度與路寬之半之比率。普通亦以百分數表之。

路冠設置之用途，可有下列數點：

- (一) 便於路面之排水，使路面之水量易入側溝而排洩之。
- (二) 因路面排水便利，故常較乾燥，路面材料不易損壞，故有利於道路之保養。

(三) 可增加道路之美觀。

(四) 路面易於清除。

路之種類普通可分為下列三種：

(一) 拋物曲線。

(二) 二直線向二側傾斜成斜坡者。

(三) 近路邊部分為直線，中央部分為曲線連成者。

此三種路冠各有利弊。拋物線中心部分之坡度甚緩，二側較陡，頗有利於排水；惟車輛則有集中中央部分之趨勢。直線坡度之利弊適與前者相反。車輛既不易集中，且施工較簡，然排水頗感困難，雨後易生車轍。直線與曲線連成者，設置頗難故應用甚少。普通

之路冠多應用拋物線。

第二節 決定路冠大小之原理

道路路冠之大小隨各地狀況而異，各種路面之材料，寬度，縱坡度及各地雨量等等均異，所需之路冠亦異。茲分述如下：

路面材料之結實與否與路冠有密切關係。如材料較結實者，水流不易滲入路面，故坡度可減少，而排水之影響尙小；另一方面如坡度較陡，則車輛，行人反有溜滑之現象，故應用較小之坡度爲宜。如路面之材料較不結實者，或富於吸水性之路面，坡度須較陡，否則流水易滲入路面，使路面軟化，易生車轍等弊，則路面損壞之度必更加速矣。

道路縱坡度對排水之利益，於第五章第一節及第八節中已有闡述，茲不再重覆。而路冠之主要目的爲使路面之水得以暢洩。故道路之縱坡度較陡者，則有利排水而路冠亦可因之減小，反則需增大。

道路之寬狹所需之路線各異。如道路寬度在 60 呎(18.3 公尺)以上，應用拋物線式路冠，其中央部分幾成平地，有失排水之效；兩側坡度過陡，車輛易於集中中部，且易沖去路面材料，故較寬之路，中心部須改大坡度，以二側直線中連曲線者頗爲適宜。較狹之路則可應用拋物線。

各地之雨量均異。雨量較多之處，爲使雨水不積聚路面起見，其橫斷坡度當以較陡者爲佳。反則，雨量較少之處，自可減少坡度。

綜上所述，道路之路冠不宜過狹，以免有阻排水，亦不宜過陡，以免車輛之集中，雨後路面之受損，車輛之滑溜，故須因地制宜，設置適合當地情形之坡度也。

第三節 各種縱坡度及路面材料之路冠

縱坡度及各種材料與路冠之關係既如前節所述，故本節將其適宜之路冠舉例，以適設計之用。就一般而言，最小之路冠當在百分之一以上。茲將南京市道路設計準則之規定，於各種道路路面材料及縱坡度列表示之（見第9表）。

第9表 南京市道路設計路冠之規定表

路冠 路面種類	縱坡度	1:50(2%)以上		1:50~1:25 (2%~4%)		1:25(4%)以上	
		1:r	%	1:r	%	1:r	%
片 濕 青 路		1:40	2.5	1:60	1.7	1:80	1.3
混 凝 土 路		1:40	2.5	1:60	1.7	1:80	1.3
木 塊 路		1:40	2.5	1:60	1.7	1:80	1.3
石 塊 路		1:40	2.5	1:60	1.7	1:80	1.3
濕 青 混 凝 土 路		1:35	2.9	1:50	2.0	1:70	1.4
濕 青 碎 石 路		1:30	3.3	1:45	2.2	1:60	1.7
碎 石 及 卵 石 路		1:25	4.0	1:35	2.9	1:50	2.0

普通一般應用之各種路面材料之路冠，今亦列表示之（見第10表）。

第 10 表 各種路面之一般應用路冠表

路 面 名 稱	路	冠
土 路	1:10 或 1:15	10% 或 6.7%
沙 土 路	1:25	4.0%
卵 石 路	1:25	4.0%
水 結 碎 石 路	1:25	4.0%
混 凝 土 路	1:80	1.25%
磚 塊 路	1:80	1.25%
木 塊 路	1:50	2.00%
石 塊 路	1:50	2.00%
灌 注 瀝 青 碎 石 路	1:25	4.00%
拌 和 瀝 青 碎 石 路	1:30	3.33%
片 瀝 青 路	1:80	1.25%
瀝 青 塊 路	1:80	1.25%
瀝 青 混 凝 土 路	1:80	1.25%

國道之橫斷坡度按國道工程標準及規則第十一條規定：「國道路面應作成拱形，其斜度由二十分之一至四十分之一。」

第四節 路冠總高度之計算

路冠總高度之計算，多根據試驗之結果而得各種公式，可求出路面材料，於各縱坡度時所需之路冠總高度。茲舉二種公式，以資應用。

(一) 華盛頓城公式(City of Washington Rule)

設： h = 路冠總高度

W = 路寬

G = 縱坡度(%)

$$\text{則：} \quad h = \frac{W(100-4G)}{6300+50G}$$

此式僅能應用於片瀝青路、瀝青混凝土路及木塊路。其餘路面，則應用上式求出之值再加 1 吋(2.54 cm.)，且於應用時，其路面之寬度應將車輛之間距不計入內。

第 11 表 羅斯瓦特氏公式之路冠總高度表

路面分類		片瀝青路					其他各種路面					
路冠 縱坡度	路寬	呎	20	30	40	50	60	20	30	40	50	60
	公尺	吋	6.1	9.2	12.2	15.4	18.3	6.1	9.2	12.2	15.4	18.3
縱 坡 度 (百 分 數)	0%	吋	4.8	7.2	9.6	12	14.4	4	6	8	10	12
		公分	12	18	24	31	37	10	15	20	25	31
	1%	吋	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	3.8	5.8	7.7	9.6	11.5
		公分	12	18	23	29	35	10	15	20	24	29
	2%	吋	4.4	6.6	8.8	11.0	13.2	3.7	5.5	7.4	9.2	11.0
		公分	11	17	22	28	34	9	14	19	23	29
	3%	吋	4.2	6.3	8.4	10.5	12.6	3.5	5.3	7.0	8.8	10.6
		公分	11	16	21	27	32	9	14	18	22	27
	4%	吋	4	6	8	10	12	3.4	5	6.7	8.4	10.1
		公分	10	15	20	25	31	9	13	17	21	26
	5%	吋	3.8	4.7	7.6	9.5	11.4	3.2	4.8	6.4	8.0	9.6
		公分	10	15	19	24	29	8	12	16	20	24
	6%	吋	3.6	5.4	7.2	9	10.8	3	4.5	6	7.5	9
		公分	9	14	18	23	27	8	11	15	19	23
	7%	吋	3.4	5.1	6.8	8.5	10.2	2.9	4.3	5.8	7.2	8.6
		公分	9	13	17	22	26	7	11	15	18	22
8%	吋	3.2	4.8	6.4	8	9.6	2.7	4.1	5.4	6.8	8.2	
	公分	8	12	16	20	24	7	10	14	17	21	

(二)羅斯瓦特(Rose Water)氏公式：

設： h = 路冠總高度

W = 路寬

G = 縱坡度(%)

則：

$$\text{片瀝青路面} \quad h = \frac{W(100-4G)}{5000}$$

$$\text{其他路面} \quad h = \frac{W(100-4G)}{6000}$$

羅斯瓦特氏之公式應用甚多，故將各種縱坡度，各種路寬於不同之路面，應用羅氏公式計算得第 11 表之結果，以供設計時之查檢。

第五節 路冠之設置法

路冠之設置法視各種路冠而異，茲將各種路冠之各點高度計算法詳述如下。

(一)直線路冠——為二直線坡度所成，其中心部分事實上用輥壓機壓平之。其各點之高度，可由坡度求出，頗為簡便。普通約每隔五呎(1.5 公尺)計算之。

(二)拋物線之路冠——拋物線上各點之計算見第 26 圖所示。

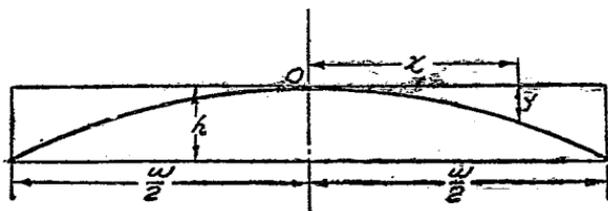
設 h = 路冠總高度

W = 路寬

以路中心為曲線之原點(即路冠之頂)得下列公式:

$$y = \frac{4hx^2}{W^2}$$

按此公式得曲線上各點與路冠頂之高度差。普通約隔五呎(1.5公尺)求之。



第26圖



第27圖

(三)二端直線，中部曲線之路冠——普通中部之曲線多應中拋物線。曲線部分多於路寬四分之一處開始。其直線與曲線之交點與路冠頂之高度差多採用路冠總高度之八分之三。曲線及直線上各點與路冠頂之高低差，可照下式求出之。(見第 27 圖)

設： h = 路冠總高度。

W = 路寬。

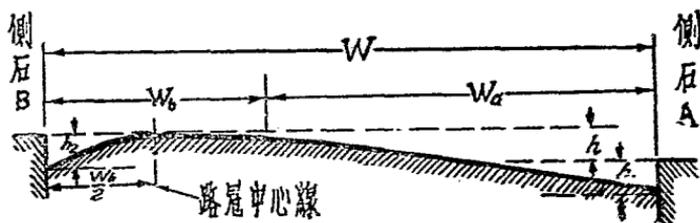
以路中心即路冠頂為起點，則

$$0 \text{ 至 } \frac{W}{4}, \quad \text{應用公式：} \quad y = \frac{6h}{W^2} x^2$$

$$\frac{W}{4} \text{ 至 } \frac{W}{2}, \quad \text{應用公式：} \quad y = \frac{5h}{2W} x - \frac{h}{4}$$

約隔五呎 1.5 公尺求之。

(四)不對稱路冠 (Unsymmetrical crown) ——道路兩側石 (Curb) 高度有時因地勢關係致高低不同者，為美觀起見，常設置不對稱之路冠。其設置之法見第 28 圖所示。



第 28 圖

設： W = 路寬

h = 側石之高低差。

設置之法，先由二側側石之高低差 h ，及當地之縱坡度等按前節之方法以 h 為路冠高度求得適宜之寬度，其半名曰 W_a 。再由 $W - W_a$ 得 W_b 之值。以 $2W_b$ 之值照前節所述之方法，求

所需路冠高度 h_2 。如此則以 $\frac{W_b}{2}$ 之處定為路冠之中心線。自路冠中心線至側石 B，將 h_2 之值為路冠，設置一拋物線式之路冠至側石 B，在路冠中心線之另一側又設置一拋物線式之路冠至側石 A。如此則完成整個不對稱之路冠矣。

不對稱路冠之設置其最大限度，即側石高低差之最大值，為使求得之 W_a 不超過全寬 W 之值。否則須調整二邊側石之高度矣。此種不對稱路冠，因設置時事實上困難頗多，故非不得已時鮮用之。

第六節 人行道之橫斷坡度

人行道橫斷坡度之設置，其目的為使人行道向路邊側溝傾斜，以供排洩人行道上之流水。故其坡度之大小，亦如路冠然，須視人行道之材料，縱坡度及其地之雨量多寡等而異。故人行道之橫斷坡度最小限度為足供排洩面水，其最大之限制為使雨天時行人不易傾跌。

一般混凝土之人行道，其橫斷坡度常採用百分之一，或百分之二之坡度。土築之人行道，因便於排水起見，坡度較陡，普通常用至百分之四，或百分之五。

第十章 土工(Earthwork)

第一節 概 說

道路之路線高度既定，興築時，將地面高於路線高度之部分挖去，此名挖土(Cut)。將地面低於路線高度之部分填足，此名填土(Fill)。合挖土及填土之工程，名曰土工(Earthwork)。

土工當力求簡省，以合經濟原則。故選定路線決定縱坡度時須顧及土工為要則。如土工過大，常用迂迴法以減少之。另一方面，挖土及填土之量務求相等為佳。否則，如填土較挖土為多，則需借土(borrow)；如挖土較填土為多，則為廢土(Waste)。二者均增多土工費用，故選定路線，決定縱坡度時對土工須慎重考慮之。

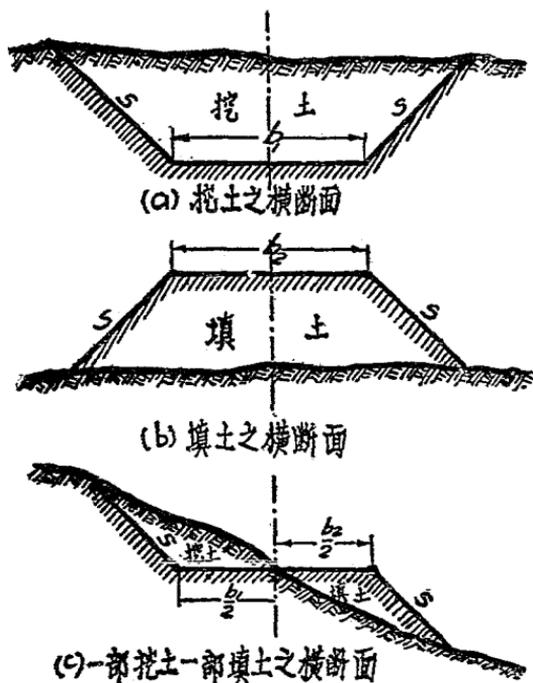
實施土工前，須先將填挖土工之體積算出，以作建築土工費之估計，且可決定如何轉移土工等。其後始行施工。本章均詳加討論，以供設計之應用。

第二節 實施土工之道路橫剖面

道路，實施土工之橫剖面可分三種，即完全挖土，完全填土及一部挖土一部填土是也。見第 29 圖所示。

路線高度與地面高度相同之處，視若無須填挖土工，然便於排水計，使路床易於乾燥起見，亦須稍加填高，故事實上全線道路均有土工也。

挖土之橫剖面 (第 29 圖 a), 其底寬 b_1 較填土之橫斷面



第 29 圖

(第 29 圖 b) 底寬 b_2 為大, 此因挖土部分之底寬不僅路床之寬尚需增加二側側溝之寬度, 而填土部分之側溝, 則在兩斜坡之外, 故不必加寬也 (道路所需寬度見第八章所述, 茲不贅述)。

施行土工之橫斷面, 二邊之斜坡, 務求二邊土質不易崩潰為原則。故隨各種材料之結實性而異。質鬆者較緩, 質堅者較陡。且即

同一材料在填土及挖土部分亦異；此因填土部分土質必無原土地土質之結實，而挖土部分為自然土質，自結力當強，故填土部分須較挖土部分為緩也。茲就吾國國道工程標準及規則之規定列下，以供設計者之參考：（注意：坡度為橫向與縱向之比）

挖土之旁坡：

大塊堅石 $\frac{1}{4}$: 1
質鬆或含有浮泥之石料1 : 1
質堅或含有卵石之土料 $1\frac{1}{2}$: 1
浮鬆或含有細砂之土料3:1—6:1

填土之旁坡：

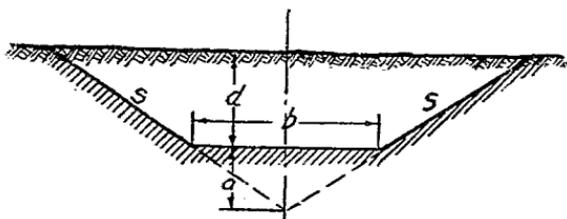
石塊 $\frac{1}{2}$: 1
土石混用1 : 1
土質 $1\frac{1}{2}$: 1
沙質 2:1—3 : 1

第三節 土工計算

土工多以幾何形體計算之，普通以兩端面積之平均值乘其水平距離而得之。雖其與實地不相符合，然其差誤可不計及，有時或因測量等所生錯誤反為較大也。茲將各種計算方法分述於后，並將各種方法舉例計算，以助讀者之明瞭：

(一) 平頂斷面 (Level Sections)

如地勢較平坦之處，或為僅求近似體積之粗略計算；可將斷面之頂，視作水平而計算之。見第 30 圖所示。



第 30 圖

由第 30 圖得斷面積：

$$A = (a+d)^2 S - \frac{ab}{2} \dots \dots \dots (1)$$

式中 a, d, b, 為圖中所示長度, S 為斜坡。

設： l = 二斷面之距離

則： 體積 $V = \frac{1}{2} \cdot l \cdot [A_1 + A_2]$

如一段道路，其各斷面間之距離均為 l，則此段土工體積可由下式求之：

$$V = \frac{l}{2} [A_1 + 2(A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_{n-1}) + A_n] \dots \dots \dots (2)$$

(2)式之單位：如用(1)式求 A 各值及 l 均為公尺，則 V 為立方公尺。如均為呎，則 V 為立方呎；如各值為呎，而 l 之值為百呎，欲得 V 為立方碼(Cubic yard)，則可用下式求得：

$$V = \frac{50}{27} [A_1 + 2(A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_{n-1}) + A_n] \dots \dots \dots (3)$$

【例】 設道路之某段，其各百呎站之地面及路線高度之差(即中心高度)如第 12 表所示。如擬築之路寬 30 呎(9.14m)，兩側斜

度為1½ : 1, 求其土工體積。

第 12 表 平頂斷面土工計算舉例

百 呎 站	中心高度	a+d	(a+d) ²	(a+d) ² s	面積 (A)	
105+00	3.4c	13.4	179.56	269.34	269.34	
106+00	4.2c	14.2	201.64	302.46	604.92	
107+00	7.1c	17.1	292.41	438.61	} ×2=877.22	
108+00	10.8c	20.3	412.09	618.13		1236.26
109+00	6.6c	16.6	275.56	413.34		826.68
110+00	4.1c	14.1	198.81	298.21	298.21	

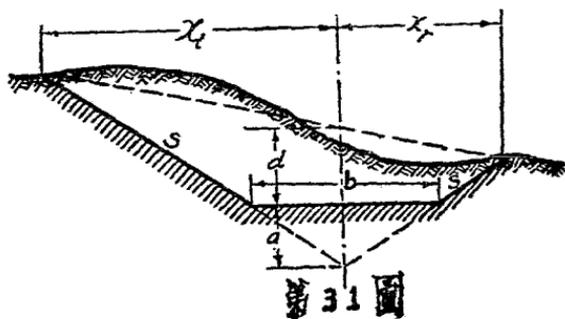
$$b=30, a=15/1.5=10 \quad 4112.63$$

$$\frac{ab}{2} = \frac{10 \times 30}{2} = 150 \quad 10 \times 150 = \frac{1500.00}{2612.63}$$

$$V = \frac{(2612.63)(50)}{27} = 4838 \text{ 立方碼 (cu. yd.)}$$

(二) 相當斷面 (Equivalent Sections)

如地勢起伏甚多, 頗不規則, 同時亦不需十分精確之結果時, 可用此法計算。將地形作一直線, 使線之內外部分之面積相等, 如第 31 圖所示。再求直線內面積, 從而計算土工。



由第 31 圖得斷面積：

$$A = \frac{1}{2} \left(\frac{x_e + x_r}{s} \right) (x_e + x_r) - \frac{x_r}{s} \cdot \frac{x_r}{2} - \frac{x_e}{s} \cdot \frac{x_e}{2} - \frac{ab}{2}$$

$$A = \frac{x_e x_r}{s} - \frac{ab}{2} \dots \dots \dots (4)$$

求得斷面積後，可用(2)，(3)二公式求其體積。

[例] 設欲計算某段道路之土工，其不規則之地形，經分割成相當斷面，分割線與坡度之交點至中心線之距離如第 13 表所示。其路寬為 30⁰呎(9.14公尺)，兩側斜坡為 1 $\frac{1}{2}$:1，求其挖土土工體積。

第 13 表 相當斷面土工計算舉例

百 呎 站	x_l	x_r	$x_l x_r$	$\frac{\sum x_l x_r}{s}$	面 積 A
72+00	21.2	20.3	430.36	286.91	286.91
73+00	20.4	22.2	452.88	301.92	} 603.84
74+00	18.4	25.5	469.20	312.80	
75+00	17.1	23.1	395.01	263.34	526.68
76+00	19.3	20.5	395.65	263.76	527.52
77+00	20.0	18.1	362.00	341.33	341.33

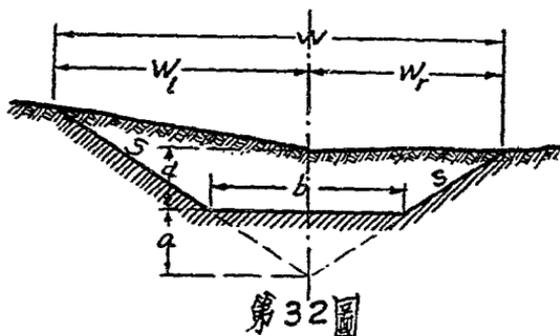
$$b=30, a=15/1.5=10 \qquad 2911.88$$

$$\frac{ab}{2} = \frac{(10)(30)}{2} = 150 \qquad 10 \times 150 = \frac{1500.00}{1411.88}$$

$$V = \frac{(1411.88)(100)}{(2)(27)} = 2615 \text{ 立方碼(cu. yd.)}$$

(三)三級斷面(Three-level sections)

如地勢尚較複雜為求較正確之結果，可視地形有三點之變遷如第 32 圖所示，從而計算之。



由第 32 圖得斷面積：

$$A = \frac{1}{2}(a+d)(W_r + W_l) - \frac{ab}{2}$$

$$A = \frac{1}{2}[(a+d)W - ab] \dots\dots\dots (5)$$

求其二斷面間之體積，設 l 為其間距，則

$$V = \frac{1}{2} \cdot l \cdot \left[\frac{1}{2}(a+d_1)W_1 - \frac{ab}{2} + \frac{1}{2}(a+d_2)W_2 - \frac{ab}{2} \right]$$

$$V = \frac{1}{4} l [(a+d_1)W_1 + (a+d_2)W_2 - 2ab] \dots\dots\dots (6)$$

如 a, d, W ，及 l_r 單位為呎， l 為 100 呎，求其體積 V 為立方碼則可用下式求之：

$$V = \frac{25}{27} [(a+d_1)W_1 + (a+d_2)W_2 - 2ab] \dots\dots\dots (7)$$

[例] 設某段道路應用三級斷面法計算土工，其中心高及二側之斜坡與地面之交點至路床高度均列如第 14 表所示，其路寬為 30 呎(9.14m)，二側坡度為 $1\frac{1}{2} : 1$ ，試算之。

第 14 表 三級斷面土工計算舉例

百 呎 站	中心高	左(L.)	右(R.)	a+d	W	體 積 V	
						a	b
321+00	1.2c	$\frac{3.6}{20.4}$	$\frac{2.3}{18.5}$	11.2	38.9	404	—
322+00	2.4c	$\frac{4.9}{22.3}$	$\frac{3.5}{20.3}$	12.4	42.6	459	337
323+00	5.2c	$\frac{5.4}{23.1}$	$\frac{4.1}{21.2}$	15.2	44.3	623	556
324+00	8.1c	$\frac{4.7}{22.0}$	$\frac{3.4}{20.2}$	18.1	42.2	706	773
325+00	7.2:	$\frac{3.4}{20.1}$	$\frac{2.2}{15.3}$	17.2	38.4	610	760
326+00	5.2c	$\frac{2.6}{18.9}$	$\frac{0.7}{16.0}$	15.2	34.9	490	544

$$b=30, S=1\frac{1}{2} \quad 1$$

$$\text{總體積 } V=2970 \text{ 立方碼}$$

$$a=10$$

$$(\text{cu. yd.})$$

$$\frac{25}{27}ab=278$$

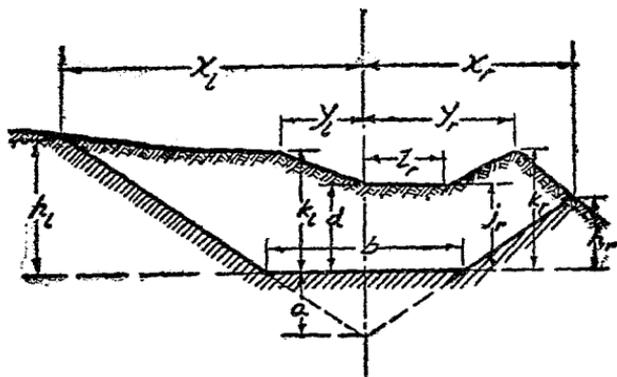
第 14 表中體積之 a 項為 $\frac{25}{27}(a+d)W$ 。

$$\text{體積之 b 項為} \left[\frac{25}{27}(a+d_1)W_1 + \frac{25}{27}(a+d_2)W_2 - 2 \cdot \frac{25}{27}ab \right]$$

總加 b 項之值即得其總體積 V。

(四)不規則斷面(Irregular Sections)

如地面頗不規則，則將各起伏點距中心線之水平距離，及其離路床之高度等求出之，再按梯形方面求出其面積：(見第 33 圖)



第 33 圖

$$A = \frac{1}{2}(h_1 + k_1)(x_1 - y_1) + \frac{1}{2}(k_1 + d)y_1 + \frac{1}{2}(d + j_1)z_1 \\ + \frac{1}{2}(j_1 + k_2)(y_2 - z_1) + \frac{1}{2}(k_2 + h_r)(x_2 - y_2) \\ - \frac{1}{2}\left(x_1 - \frac{b}{2}\right)h_1 - \frac{1}{2}\left(x_2 - \frac{b}{2}\right)h_r$$

$$A = \frac{1}{2}\left[x_1k_1 + y_1(d - h_1) + x_2k_2 + y_2(j_2 - h_r) + z_1(d - k_2) \right. \\ \left. + \frac{b}{2}(h_1 + h_r)\right] \dots \dots \dots (8)$$

由(8)式可得下列定律以求不規則斷面之面積。

不規則斷面之面積等於下列各乘積之和之半：

- (1) 坡樁至中心線之距離，乘坡樁內第一地形變遷點離路床之高度。
- (2) 中間各地形變遷點至中心線之距離，乘其較內之變遷點之高度減去較外變遷點之高度。
- (3) 路寬之半乘二坡樁高度之和。

面積既經求得，則其體積可由(2)，(3)求之。

[例] 設某段道路之測量結果如第 15 表中所示，其路寬為 30 呎 (9.14m)，斜坡為 $1\frac{1}{2} : 1$ ，試用不規則斷面土工計算法計算之。

第 15 表 不規則斷面土工計算法舉例

百呎站	中心高	左(L.)			右(R.)			寬度	高度	體積	
								a	b		
21+00	1.0c	$\frac{8.9c}{28.3}$	$\frac{5.5c}{23.2}$	$\frac{3.5c}{20.2}$	$\frac{3.4c}{20.1}$		28.3	5.5	144		
							23.2	-5.4	-116		
							20.2	-4.5	-84		
							20.1	1.0	19		
							15.0	12.3	171		
22+00	2.2c	$\frac{10.0c}{30.0}$	$\frac{7.9c}{26.8}$	$\frac{1.3c}{17.0}$	$\frac{5.0c}{22.5}$		30.0	7.9	171		
							26.8	-7.8	-154		
							22.5	1.3	27		
							17.0	-2.8	-44		
							15.0	15.0	225	304	
22+50	5.4c	$\frac{10.3c}{30.4}$		$\frac{2.0c}{18.0}$	$\frac{3.7c}{20.5}$	$\frac{7.6c}{26.4}$	30.4	5.4	152		
							26.4	3.7	87		
							20.4	-5.6	-106		
							18.0	1.7	-29		
							15.0	17.9	248	238	
23+00	4.0c	$\frac{9.7c}{29.5}$	$\frac{3.5c}{20.2}$	$\frac{2.1c}{18.2}$	$\frac{3.4c}{20.7}$		29.5	3.5	96		
							20.2	-5.7	-106		
							20.1	2.1	39		
							18.2	0.6	10		
							15.0	13.1	182	315	

總體積 $V=907$ 立方碼(cu. yd.)

第 15 表中體積 a 項為表中寬度乘高度乘 $\frac{25}{27}$ 之值。而體積 b 項為以上二百呎站間 a 項體積之和。如非百呎站，則將所得 a 項體積之和再以其距離與百呎之比率乘之。

第四節 填土特性

完成之填土體積常較挖取填料之體積為少，此名收縮(Shrinkage)。收縮之量常隨下列各因素而異：

(一)土質結實否——土質愈鬆，收縮之量愈大，反則愈小。

(二)取挖處之深淺——取挖部分愈深，土質愈較結實，收縮量當小，反則較大。

(三)填土之方法——取挖時，土塊小，用人工運填，則填土不實，收縮必大，且應用高架填土為尤然。如取挖時，土塊較大，應用機器運填，且時加輾壓，則收縮必小。

(四)氣候之乾濕——完工之填土，每經雨後收縮甚大。氣候乾燥，收縮較緩。

(五)時間之久暫——新完成之填土，收縮必速，時間較久，收縮較緩。就總收縮之量而言，時間愈久，收縮愈大，反則愈小。

(六)交通量之輕重——行經填土之交通量愈重，收縮之量必大，反則必小。

填料如較堅硬者，如岩石、深地堅土之類，填後之體積較取挖填料處之體積為大，此名膨大(Swell)。各種填料之收縮及膨大之

量如第 16 表所示。

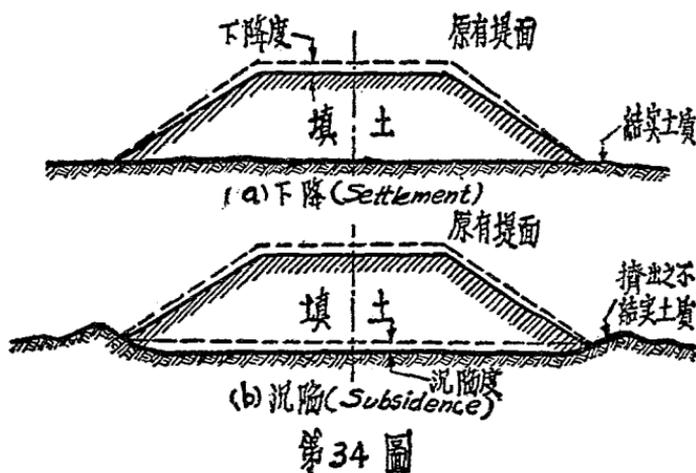
第 16 表 各種土質之收縮及膨大之係數

砂與卵石(Gravel & Sand).....	收縮 8 %
黏土(Clay)	收縮 10 %
肥土(Loam),.....	收縮 12 %
種植之鬆土(Loose Vegetable Soil)	收縮 15 %
大塊岩石(Rock large pieces)	膨大 40 %
小塊岩石(Rock, small pieces)	膨大 60 %

普通填土之收縮而致路床之下落，此名下降(Settlement)。經一雨季(Rain Season)後，其量頗少。

如填土之下部基地土質軟弱，如濕沼之地，受填土之重量及交通量之壓擠，使整個堤土(Embankment)發生沉下之現象，此名沉陷(Subsidence)。沉陷之量視各基地土質而異，常由設計者根據經驗而定。高堤之沉陷較底堤之沉陷有時反小，此因低堤之低面積小，直接受交通量之影響故耳。

下降及沉陷常致混淆，其主要之分別，見第 34 圖所示。



第五節 質量圖(Mass Diagram)

質量圖(Mass diagram) 為表示挖土或填土, 土工變遷之量, 可以質量曲線 (Mass curve) 示之。質量曲線之畫法, 係先作一水平基線與縱斷面圖之基線平行, 再於各百呎站或分站上作一坐標, 示其至原點之總土工量。以 (+) 代表挖土, (-) 代表填土, 畫於基線之上下。惟計算挖土之量時須顧及收縮或膨大, 收縮時須減去收縮量, 膨大時須增加膨大量, 如此即成質量曲線。如第 35 圖所示。

質量曲線之繪法, 茲舉一例, 以助明瞭。見第 17 表及第 35 圖所示。

第 17 表 質量曲線繪法舉例

百呎站	土 工 (挖+填-)	土 質	收縮或膨大 係 數	收縮或膨大 後之土工	質量曲線 之坐標
303+00	—	—	—	—	—
303+40	+ 74	黏 土	-10%	+ 67	+ 67
304+00	+105	黏 土	-10%	+ 94	+161
305+00	+222	黏 土	-10%	+200	+361
306+00	+152	黏 土	-10%	+137	+498
307+00	-165	—	—	-165	+333
307+30	-221	—	—	-221	+112
308+00	-168	—	—	-168	- 56
309+00	-142	—	—	-142	-198
309+60	+ 35	小 硬 石	+40%	+ 49	-149
310+00	+ 85	小 硬 石	+40%	+119	- 39
311+00	+ 30	小 硬 石	+40%	+ 42	+ 12

質量曲線之特性分下列數點：

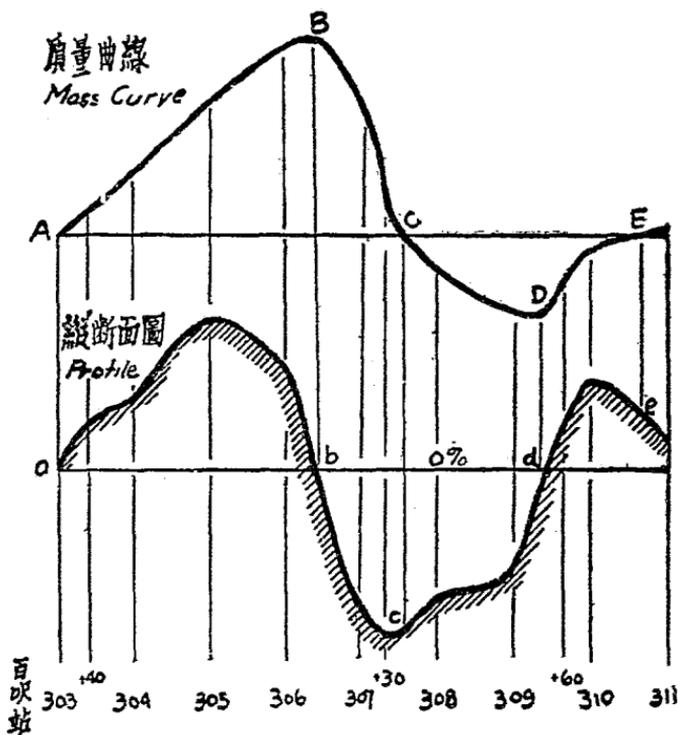
(一) 曲線之上升示挖土(如 35 圖之 AB)，曲線之下降示填土(如 35 圖之 BC)。

(二) 曲線之水平進行者示無土工，如橋梁部分等。

(三) 曲線之最高點(Max. point) 示挖土至填土之變遷點(如 35 圖之 B 點)。曲線之最低點(Min. point) 示填土至挖土之變遷點(如 35 圖之 D 點)。

(四) 基線之上部分(如 35 圖 ABC) 示其前半部須填補後半

部。下部分(如 CDE)示其後半部須填補前半部。



第35圖

(五) 曲線與基線之交點(如 35圖之 A,C,E), 二交點間之土方示填挖足可相抵。

(六) 任何平行於基線之線, 與曲線相交二點間, 其填挖足可相抵, 然交點之前後, 有借土(borrow)或廢土(waste)之現象。

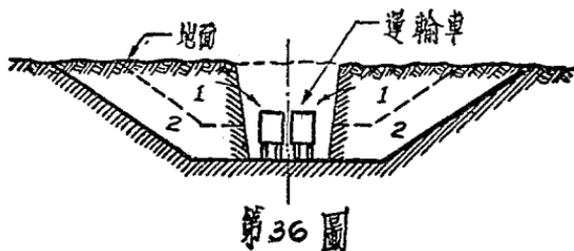
質量曲線之價值——質量曲線乃示土工之變遷, 而土工之單

位價格，視土工曳引之距離而異，故合同中常訂定土工之限定距離。在此距離之內，每單位之土工為若干，此限制距離名自由曳距 (Free haul)。超過此數即為超曳距 (Overhaul)。超曳距則須增加單位之價格。普通自由曳距為 500 呎 (150 公尺)。故計劃土工搬運時，有時因距離過大，單位工價甚鉅，則應用借土或浪費反為合算。故土工之搬運計劃時，由質量曲線應用平行基線之線而決定之。此即質量曲線之價值也。

第六節 挖土施工

土質較軟之挖土：多以人工開挖。其用具為鏟 (Shovel)，鋤 (Plough)，鋤 (Spade) 及鶴嘴 (Pick) 等。大量之土，可應用括土機 (Scraper) 開掘，其量甚大，每小時可達一百立方公尺 (3540 立方呎)，吾國人工較廉，應用機器者為數尚鮮。

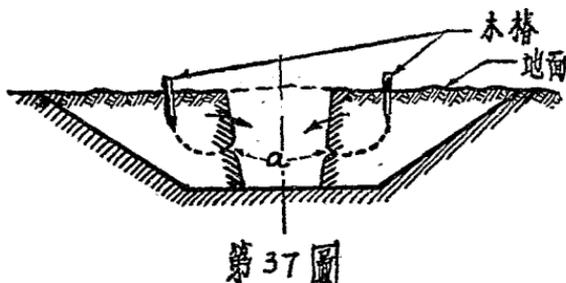
挖土之次序，可先挖去中部，以便排水，運土。其後開挖之步驟如第 36 圖所示。



第 36 圖

有時可於沿路中心線方向，開挖數洞分成數段，其各段之下稍

挖去一部土料(見第 37 圖之 a)，再於其後打入木樁，木樁漸深，土料自動倒下(見 37 圖之虛線所示)。應用此種方法，收效甚大，每次可達十餘立方公尺，唯施行時各工作人員須小心避開之。



土質堅硬之挖土，如石質者，可應用炸藥開挖之。先鑿放炸藥之洞，普通應用鑽桿(drill rod，或鋼鑿等，用人力以錘開鑿之，隨時加水及取出碎石，以減少阻力。亦有應用機器以開鑿之。置放炸藥之洞鑿成後，即將炸藥灌入，約為全洞之三分之一，又將導火線自炸藥接至洞外，然後用黏土填塞之，待導火線燃着後，一切工作人員及點火者均須避至炸區之外，以防危險。應用於有層次之岩石時，常利用岩石之劈開性而鑿炸洞。

第七節 運送

土工既經開挖，即須將挖出之土運至填土部分，其運送之法，普通應用挑筐，手推車，動物拉車，汽車等。

挑筐，為人力用筐挑送，其距離頗近，且土量有限，效力不大。

手推車，普通有獨輪小車，運量亦不大。有應用設置軌道之推車，軌寬約 60 公分（2 呎），下有枕木連繫之，有二種。其一為傾覆車（Tipping Car），其所載土料可向二側傾倒而出。又一為四輪車（Trolley），其車臺上為一無底之箱，此箱移開車臺，載物即由箱底漏出。此二種運用頗便，效力尚大，應用較多。

動物拉車，為二輪或四輪之馬車等，多用於運輸較速之距離，及運輸量較大者。

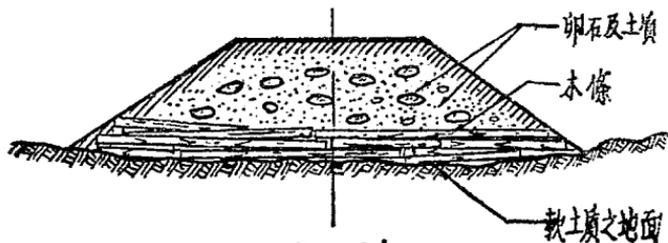
汽車之運送，其量更大，亦用於距離較大之處。

運送土工須適挖土之需要務使配合適當，其一不致有空閒之機會，以達最大之效率。

第八節 填土之基地

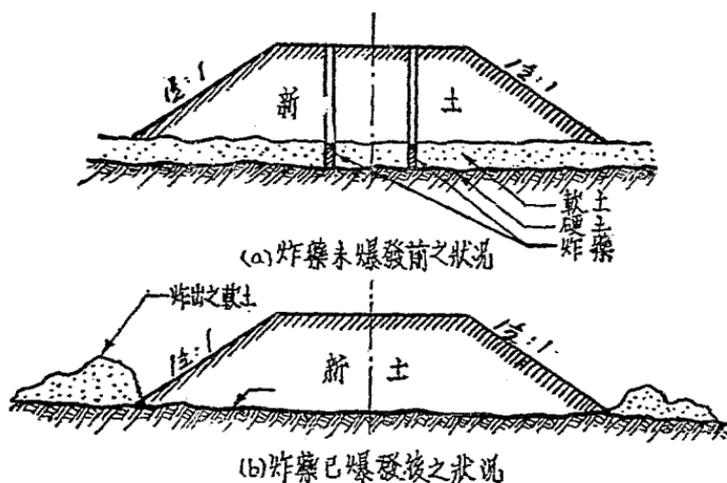
填土之基地如土質過軟，如池沼之處，填後路基不穩，易致破壞，故未施填新土時，地基須加改良，其法有二：

（一）於填積土上舖以木條或樹枝等一層，其上再舖以卵石或碎石與新土之混合料，以完成路床（見第 38 圖所示）。此法較為舊式，木料易腐，軟土仍存，故非良好之法，僅為臨時性而已。



第38圖

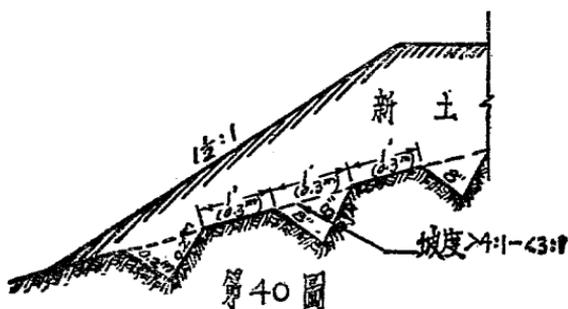
(二)將新土填於軟土地基上，自上鑿孔入填土，至硬土為止，灌入炸藥，如第 39 圖(a)所示。待炸藥爆發後，其下之軟土即向二側炸出，新土即落於堅實土質之基地矣。見第 39 圖 (b) 所示。此法較良，新式多應用之。



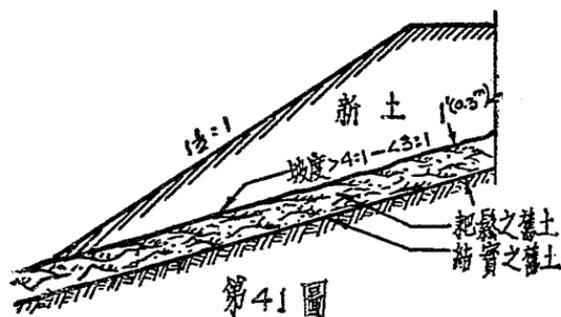
第 39 圖

如填土基地之斜坡甚大，則所填新土不能與舊土相合，而生下溜之現象，亦須設法防止之。其法如下述二種。

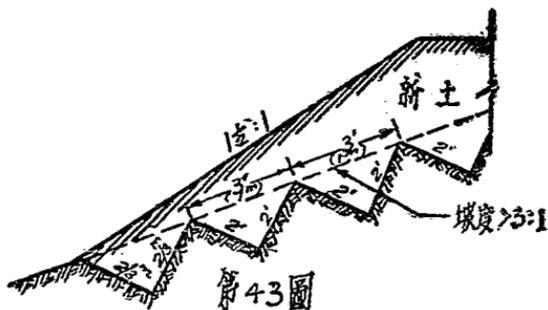
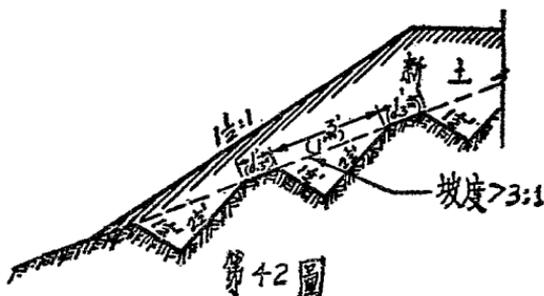
(一)如舊土之土質不堅，斜坡大於 4:1 且小於 3:1 時，可將舊土，沿路線方向，每隔一呎(0.3 公尺)挖掘小溝數行(見第 40 圖所示)，使新填之土足與舊土小溝相密砌而結合之。



又一法為將舊土耙鬆約一呎(0.3 公尺)許，使新填之土與舊土附合，如第 41 圖所示。



(二)如舊土土質較為結實，而坡度大過 3:1 時，則可應用挖繩大溝之方法，如第 42 圖及第 43 圖所示之法，使新填之土，有較深之部分深入舊土中，不易向下滑溜。其溝寬約為 1 公尺(3 呎)左右。



第九節 填土施工

普通填土，多用人工挑來，自二旁築起，漸及中央，而填高之。然此種填土收縮必大，故有用填完一薄層即用木槌或輾壓機壓實之。逐層而上，當較結實，惟用費較大。

如用手推車運送土工，常先填築一部，上設軌道，其前端築一高架，車輛行經架上，土料由車倒下，而使填工漸漸增進，此法雖速，然後日收縮必大也。

第十一章 排水及護岸工程

第一節 概 說

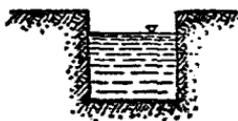
道路之路床，路面常因受流水之侵入而致損壞。侵入道路之水，可分地面水(Surface water)與地下水(Ground water)二種。雨水達地面後，作地面之逕流者曰：地面水。如滲入地層，作緩流者曰：地下水。排水工程即排去上述二種水源之工程。道路之排水工程不良，常因吸收地面水而致鬆軟，路面、路床因之損壞；或因地下水流經路身，沖去路床之一部，以致路身陷落。是故道路之排水之良窳，實與道路之路面，路床之損壞有深切之關係也。

流水所經之處，常有剝蝕作用，故流水之溝面，須有保護設備，使盡排水之功。挖土或填堤之坡面，亦須有良好之護岸工程，以免被水沖刷而崩潰。是故道路之護岸工程亦屬至要。

第二節 地面水之排洩法

路面之雨水，常利用道路之橫坡，流入兩側明溝(Open ditch 或Side ditch)。明溝之材料視各種路面材料，及當地情形而異。普通分土溝、石溝、磚溝、及混凝土溝等類。一般鄉村公路多應用土溝，此因其工料簡省之故。坡度較大之處，應用石溝、磚溝及混凝土溝，亦有用混凝土為基礎，而層砌鋪石磚之料者。明溝之式樣見第

44圖至第55圖所示。



第44圖 方形土溝



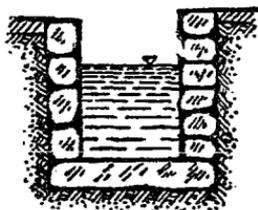
第45圖 V形土溝



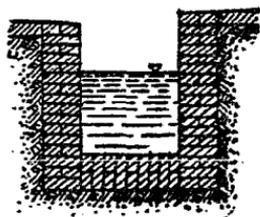
第46圖 梯形土溝



第47圖 弧形土溝



第48圖 方形石溝



第49圖 方形磚溝



第50圖 V形石溝



第51圖 梯形石溝



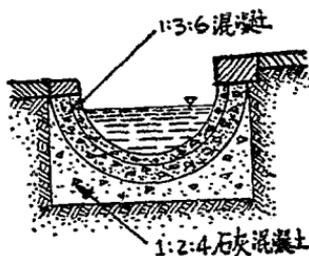
第52圖 石面混凝土溝



第53圖 磚面混凝土溝



第54圖 弧形石溝



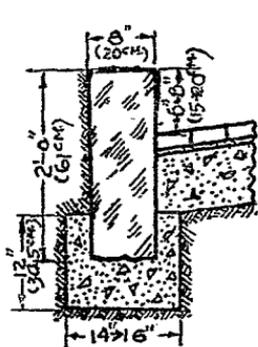
第55圖 弧形混凝土溝

在各種明溝式樣中，以圓形及梯形，最合水力學之原理。然圓形溝施工不易，為其缺點。V形及方形溝施工較易，然不合水力學

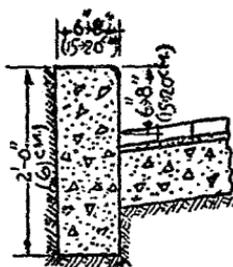
之原理。故今日以應用梯形溝者甚多。街道中常因交通繁多，故其口不能過大，因之常用方形之磚溝或石溝，其上覆以鐵板，此在吾國漢口市即其一例。其弊在鐵板價昂，且清理溝道時，其鐵板之噪聲甚大。

普通街道，多應用污水管，以排洩路面水及二邊之居戶污水。污水管，分合流制與分流制二種。合流制之污水管，為雨水及污水在一條管中匯流。分流制之污水管，為雨水與污水分二條管而流。污水管之位置多在路之中心，雨水由街道向兩側流至側溝(gutter)，由側溝沿人行道邊之側石流至陰溝，再由陰溝進污水管。污水管常有淤塞等弊，故為便於修理，檢查，及施行通溝工作起見，有窰井(Manhole)之設備。窰井之距離為100公尺以內。其間尚有燈穴之設置。燈穴(Lamp hole)為將燈懸於燈穴中，以便二邊窰井下工人檢查溝管之淤塞等情。污水管之主要材料，有陶土管，鑄鐵管，磚石管及混凝土管。根據經驗所知，較小之溝管採用陶土管為佳，此因陶土管受污水之侵蝕甚小，且流速甚佳。較大之溝管，多為混凝土管，以便就地製造。側石及側溝之格式見第56圖至第60圖所示。污水管之格式見第61圖及62圖所示。陰溝之格式見第63圖及64圖所示。窰井之格式見第65圖所示。

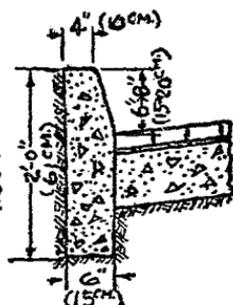
較高之填土，如雨量甚大，則路面水如逕由坡面流下，則坡面易生水溝。久之，易成動物之居穴，或溝口日大，堤工毀壞。為此，在堤上之道路兩側挖一側溝，再在坡上築一坡槽(Side-slope gutter)直達坡脚，此種坡槽之間隔約50呎(15公尺)，多由石塊砌成，並



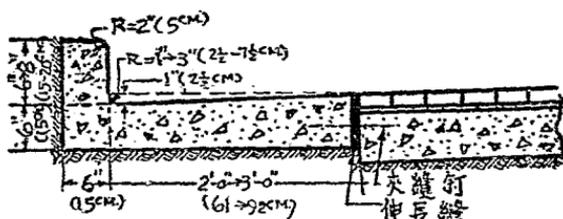
第56圖
花崗岩側石



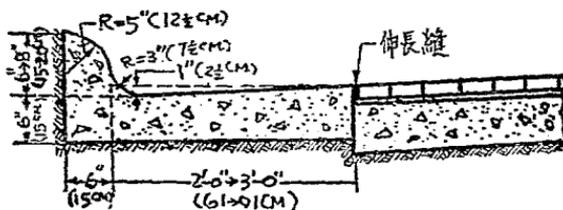
第57圖
混凝土側石



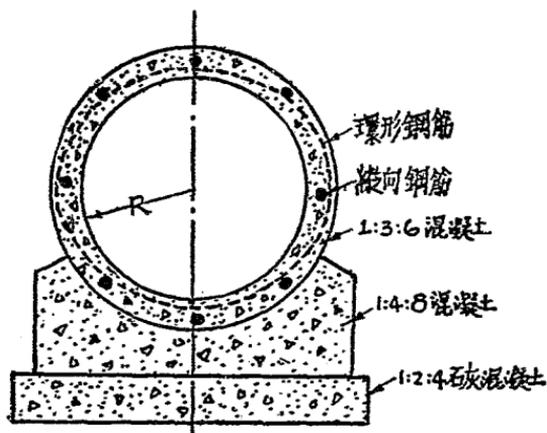
第58圖
混凝土側石



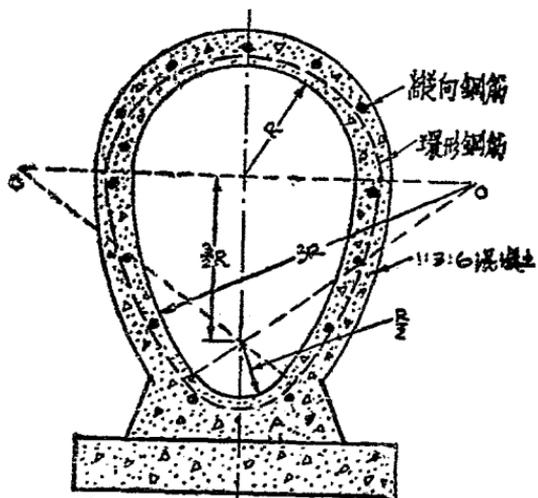
第59圖 側石與側溝之聯合設置之一。



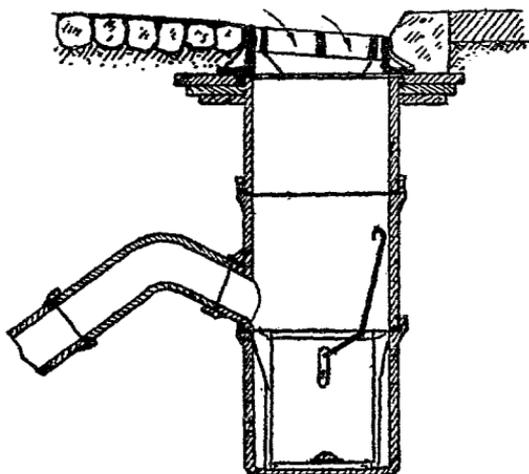
第60圖 側石與側溝之聯合設置之二。



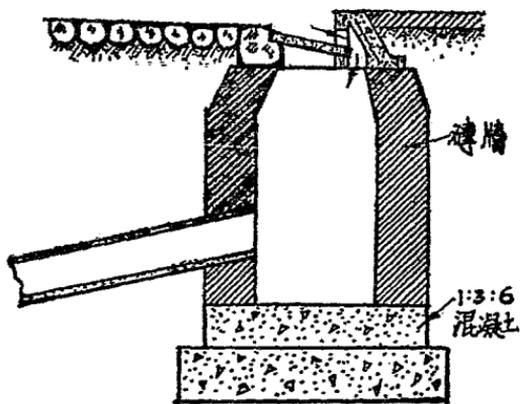
第61圖 圓形污水管



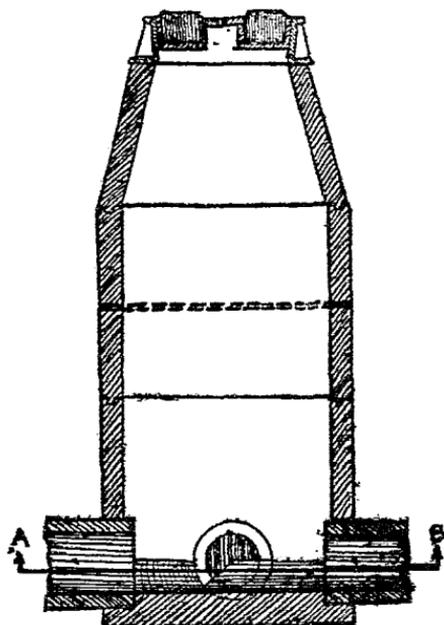
第62圖 蛋形污水管



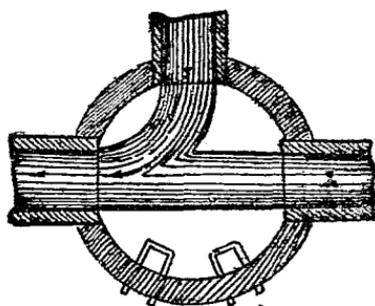
第63圖 陰溝(一)之剖面圖



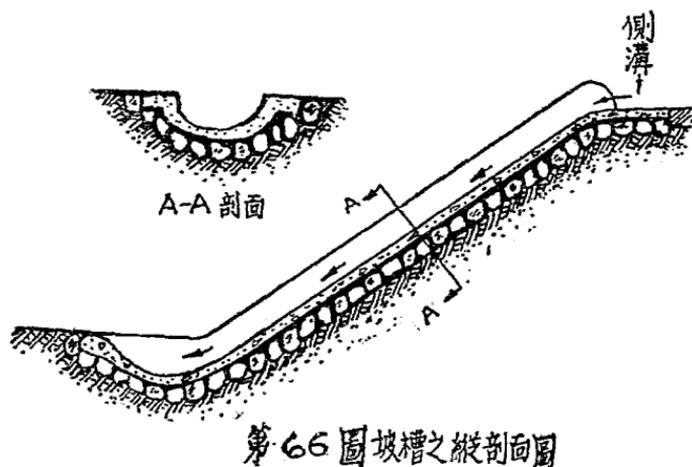
第64圖 陰溝(二)之剖面圖



游棧剖面圖

A-B 板剖面圖
第65圖 窰井

用水泥漿作為石塊之粘料。坡槽之上下部附近，最好亦用石塊砌成，以資穩固。坡槽之式樣見第 66 圖所示。



道路之挖土部分較深處，如坡上地面流水沿斜坡流下，則坡面易於崩壞，故應於離坡頂約 10 呎（3 公尺）左右設置截流溝一道，使水集於截流溝，再由截流溝築造坡槽，使水由坡槽而下達路側之明溝。

道路經過草原之區，常遇寬闊之淺灘。此種淺灘，平時尚乾，雨季時有大量水流經過，而每年之雨季期間僅約數週，如建築橋涵，費用甚大而應用期間甚短頗不經濟。故常鋪設堅固之混凝土路基，路旁樹以混凝土柱，柱間 50 呎（15 公尺）以資識別。如終年有淺水流過者，則可在路面下再築涵洞一個以助排水。

第三節 地下水之排洩法

道路如受地下水之影響，常應用暗溝(Blind drain)。此等暗溝多與地下水流方向垂直，以資截斷地下流水。深挖土之坡脚，常設置之。挖一深槽達路面下約6呎(1.5—2公尺)槽中置一陶土管，管徑約5—15公分(2—6吋)，管之接縫有孔，可使流水進入管中。管之四周，舖以10公分(4吋)左右之卵石，上舖柴束，再填足泥土。有時用磚塊或石塊或用木棍，柴束代替陶土管，或竟無管而僅用較大之卵石堆成者。暗溝之坡度以1:60左右者為佳。地下水流經暗溝達適宜地點而出口。有時設置橫斷路中心線之橫暗渠。其間隔距離為50呎(15公尺)。

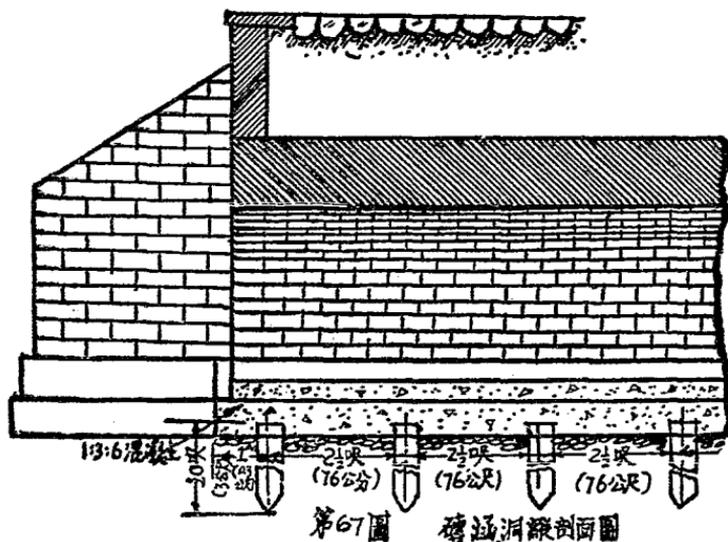
路床常受土質之毛管作用而吸收水分，以致軟化。遇此種情形，常將水泥或石灰加入路床中，以資穩固。或於路床上舖以卵石一層，以資通氣，其上再建路面。

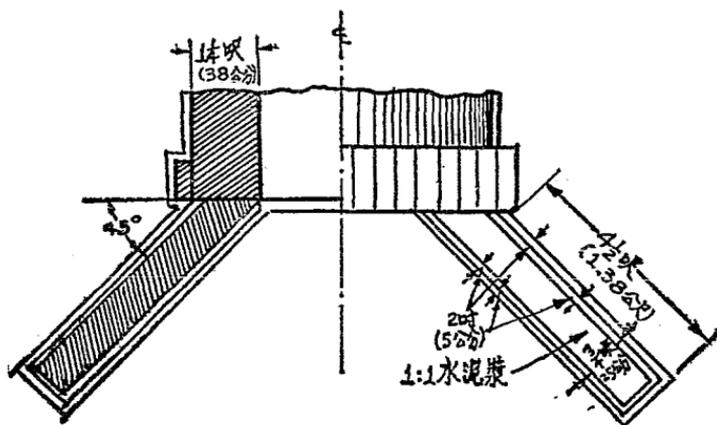
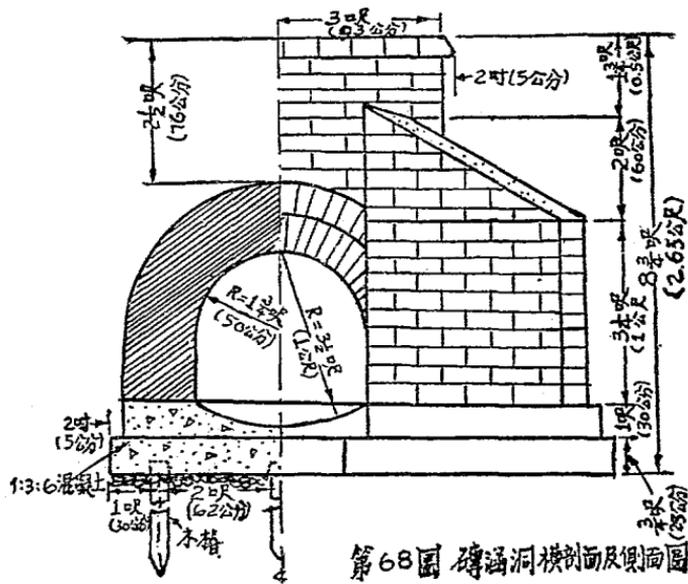
第四節 涵洞(Culvert)

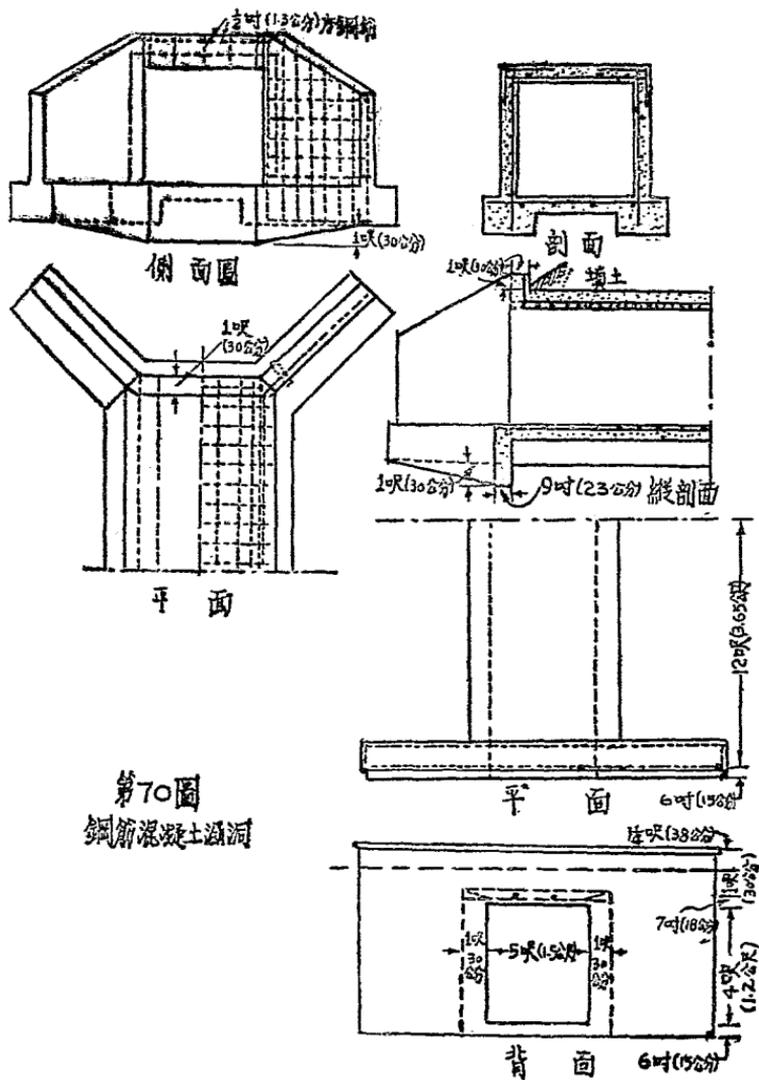
小川流經道路，或道路側溝之流水須通過路身而瀉出時，均須設置涵洞。涵洞之跨度多在2公尺或3公尺(6呎或10呎)以下，如超過此跨度，則或呼為橋梁矣。涵洞有管形及箱形二種。箱形涵洞，有用石塊或磚塊砌成，或由混凝土或鋼筋混凝土製成。管形涵洞有用陶土管，鑄鐵管，鋼管及混凝土管等類。吾國近年公路建設甚速，故常採用綫紋鐵管，其徑為8吋至84吋(20—210公分)。此

種縐紋管埋設頗易，且運輸亦便，惟因產自美國，故價格頗昂，爲其缺點。

涵洞之材料，須能抵抗其上部之土壓力及經過之活重。涵洞之下部，常設置混凝土之基礎以防土質之不固，而使整個涵洞有破壞之虞。涵洞二頭多有翼牆以資美觀，並可保護進出口四周，受流水之沖刷作用。涵洞之式樣見第 67 圖至第 70 圖所示。







第70圖
鋼筋混凝土涵洞

涵洞長度之計算可應用下列公式：

$$L=2sd+W$$

式中：L = 長度。

s = 填土之坡度。

d = 填土之高度。

W = 路床寬度。

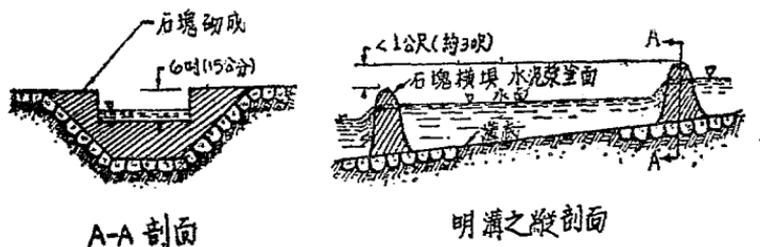
第五節 明溝面之保護設置

明溝如坡度較峻，則用石塊砌成，面塗水泥漿或石灰漿一層。有時於溝中築橫壩數道，以減流速。壩頂之中心部分低下半呎（15公分）使水量集中中部。此種橫壩，由石塊砌成，面塗水泥漿或石灰漿，其二端深入路邊及臨溝之地各一呎（30公分）。明溝底，在橫壩之上下部分均須鋪砌石塊以資穩固。兩隣壩頂之高度差，不宜超過3呎（約1公尺）。此種壩之間距，視其流速而定。（見第71圖）

第六節 坡面之保護工程

深塹或高堤之坡面，常因受雨水之沖刷而崩潰。其坡上地之雨水，既可由坡頂溝收集，沿坡槽而下。然坡面之雨水，亦足使坡面破壞，故坡面之防護工程亦屬重要。普通應用堤餞之設置，達一定高度，設一堤餞。有時鋪植草帶或草皮。然草帶，草皮不易生長，故常鋪肥土一層，土上再植草皮。有時樹木椿數排，再鋪草皮。亦有用草索編成網工，上植草皮者。有時將草種撒佈鬆土中。更有一法為鋪

砌圓形或人字形之石牆其寬度至少 1 公尺 (3 呎), 厚約 30 公分 (1 呎) 以上為有效。坡面舖設混凝土板亦有之。混凝土板厚約 2 吋 (5 公分), 板下有鋼筋之混凝土脚。脚長約半公尺 (1½ 呎), 間距半公尺 (1½ 呎), 鋼筋用直徑 $\frac{1}{8}$ 吋 (4 公厘)。混凝土材料用 1:3:6 成分之水泥, 沙及碎石之混合料。(見第 72 圖至第 78 圖)



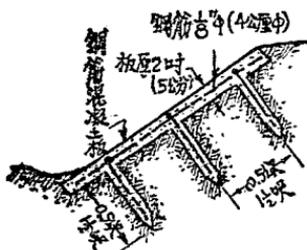
第 71 圖 明溝中之橫堤設置



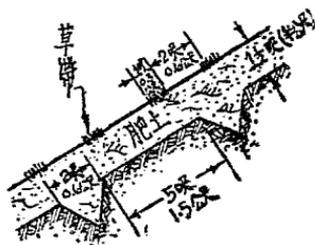
第72圖 渠戽護坡



第73圖 草種護坡



第76圖 鋼筋混凝土板護坡



第74圖 草帶護岸

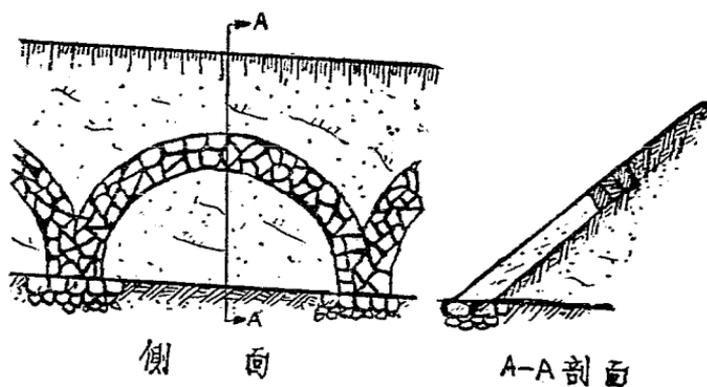


側面

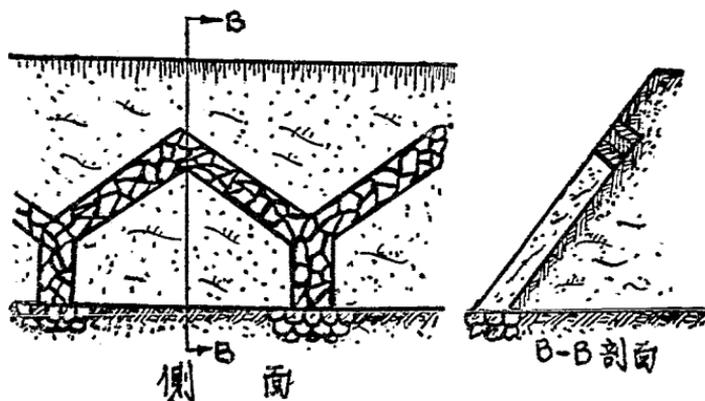


剖面圖

第75圖 木橋草坡護堤



第76圖 圓形石牆護坡



第77圖 人字石牆護坡

第十二章 土路及沙土路

第一節 土路 (Earth Roads)

定義： 道路由天然土所完成者名土路。

路冠： 普通用 1:10 (10%) 或 1:15 (6.7%)。

材料： 天然土壤約可分下列數種：

1. 粘土 (Clay) —— 色黑, 黃或紅。結實而富韌性, 不易透水, 乾時頗硬, 濕時富粘性, 在水中不易化散。為土路之主要材料。

2. 半粘土 (Semi-plastic clay) —— 色灰, 黃或微紅。質細密而強韌。濕時粘且穩固。

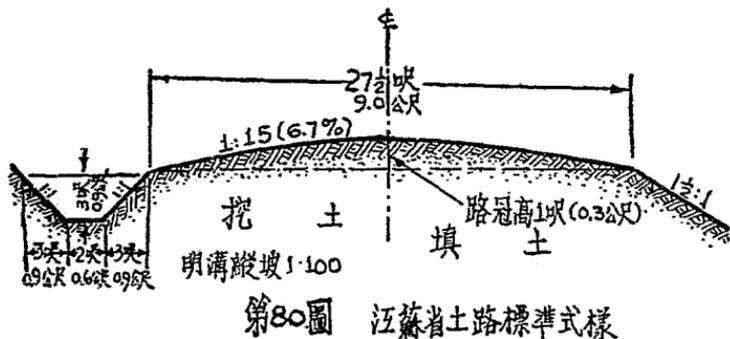
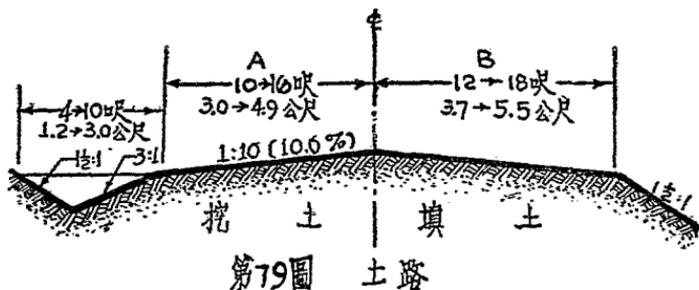
3. 粗粘土 (Slaking clay) —— 色黃或微紅。粒粗。濕時頗軟, 黏性較弱, 在水中易鬆散。

4. 粘泥 (Gumbo) —— 色黃或黑。粒細, 稠密而富粘性。濕時富附着性, 乾時易碎裂。

5. 沃土 (Loam) —— 色褐或黑。粒粗而鬆, 缺乏黏性。不能作單獨之道路材料。可供填充別種材料之孔隙。

6. 石膏 (Gypsum) —— 結合方甚大。常存黏土, 沙或卵石中。土路中含此者可增結合方甚多。

剖面圖：



築造法： 施工時，先將草木等除去。根據中心樁於路邊與明溝交界處，打樁一系列。以人工用鋤耙鋤等或應用平地機(Grader)將明溝之土挖起一部，堆於明溝外緣，以成路肩(Shoulder)。再挖一部堆於路邊，用人工或平地機將其平鋪路中。中部略高。然後用滾壓機(Roller)或用人力或馬力牽引石礮，輾壓使平。石礮普通由花岡石或混凝土製成。直徑約二呎至三呎(60-90公分)。長約四呎(120公分)或三呎(90公分)。重約一千五百磅至四千磅(650-1750公斤)。路面經輾壓後即成所需之形式。

特性： 土路於晴天頗硬，且多塵埃。雨後，水量透入甚緩，故用地下暗渠之排水，效力甚少。此種道路一旦受水浸入，即成柔軟富黏性之物體：車輛行經其上，土易附着輪上；同時路面易生轍跡，乾後甚硬，不易壓平。

討論： 土路雖易損壞，然因建築頗易，且造價亦廉，故鄉村中應用者甚多。土路之支持力，全靠天然土之承壓力，故僅適用於輕載車輛之行駛。土路常備日後添鋪其他路面之用。

土路之排水較難，故常使路面高於兩邊土地，使路面流水易向兩側排去。然車轍之發生，在所不免。故欲使其不易損壞，則須勤加繕修保養。普通發現轍痕，即須括平，窪低之處即須填平。俟稍乾燥之時，常用平地機或石籠輾壓之，土路於晴天時灰塵頗多，為防塵起見，常撒淡水，煤青油之類於路面，效力甚大。其兩側之路肩，開溝，須常清理，長草污物，時予除去，使奏排水之效；如此路面既不易積水，自難損壞而其壽命亦可長矣。

第二節 沙土路(Sand-clay Roads)

定義： 沙土路，為沙與黏土之混合物所成之道路。

厚度： 半呎(15公分)至1呎(30公分)，視路幅寬窄而異。

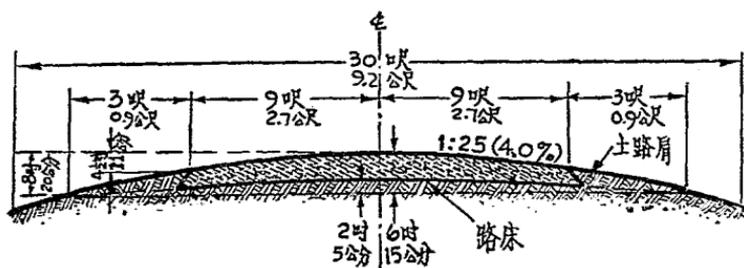
路冠： 1:25(4%)

材料： 沙土路之主要材料為沙、土二種。土壤種類已於前節述明。其最良好者為黏土。為沙土路中主要之結合力。沙(Sand)為較粗之粒狀體。色灰或白。以多角形為佳。其唯一之效用為增強

抵抗力。完全乾燥之沙，鬆而無結合力，妨礙車輛之前進。

沙土土壤(Sand-clay soil)，爲天然之沙土混合物。如成分適宜，可選作鋪路原料。然常因成分無定，故常須加入適量之沙或土使其適用。

剖面圖：



第81圖 沙土路

築造法：沙土路因路基有黏土，沃土或沙層，故築造之法自亦不同。茲就各種情形分條說明之：

一. 建造於黏泥，黏土，或沃土路床之沙土路：

(甲) 加沙土之混合物於路床上：

1. 用平地機(Grader)或石碾將路床碾壓成微弓形，由兩側施行縱向之碾壓，往返漸至中心部分。

2. 用掘土機(Scarifier)或耢，鋤等掘起明溝之土，堆於明溝之外緣，使成路肩(Shoulder)。

3. 將沙土之混合物撒置路床上，中部厚 8 吋(20公分)，向二側

漸薄約達 6 吋(15公分)。寬約 10—16 呎(3—5公尺)。

4. 用平地機或石礮輾壓鋪料。縱向而行，由旁漸及中央。一面洒水，一面扒出其硬塊，使成均勻之混合料。

5. 再用平地機或石礮輾壓路冠與明溝間之斜面，使其光平。

(乙)加沙料於路床上：

[第一法]

1. 路床如前。
2. 用掘土機或耙，耨，扒鬆路面，深約 4 吋(10公分)。
3. 將沙撒於其上，厚約 6 吋(15公分)。
4. 複扒之，使成均勻之混合物。此可在濕時行之。
5. 用石礮輾壓成所需路面。

[第二法]

1. 路床如前。
2. 扒鬆路床，將其一部分搬至路旁。
3. 加沙一層。
4. 拌勻沙土。將路旁之土搬回鋪於其上。
5. 再加沙一層，拌勻之。
6. 輾壓成所需路面。

二. 建造於沙層上之沙土路：

(甲)加沙土混合料於路床上：

1. 輾壓路床成微弓形，掘出側溝之沙，堆於側溝外緣，作為路肩。

2. 將沙土混合料撒於路床上，中部厚 10 吋(25公分)，向兩側漸薄，至 6 吋(15公分)。

3. 用掘土器或耙，耨，拌和之。

4. 用平地機或石礮輾壓成所需之路面。

(乙)加黏土於路床上：

[第一法]

1. 路床如前。

2. 將黏土撒於路床上，厚約 10 吋(25公分)。

3. 扒鬆，使均勻混和。

4. 葉片平地機(blade-grader)或石礮輾壓使平。

[第二法]

1. 路床如前。

2. 將沙之一部搬至路旁。

3. 加土一層，厚約 $1\frac{1}{2}$ —4 吋($3\frac{1}{2}$ —10 公分)。

4. 搬回路旁之沙，均勻拌和之。

5. 用平地機或石礮輾壓使平。

特性：沙土路之良好者，常富彈性(Resilient)，少塵埃(dustless)及光滑(Smooth)。多雨易起泥濘，天晴則硬固。如天氣久晴，易因車輛多駛而破壞。此種道路可供普通較重車輛之行駛。

討論：沙土路之成分隨處而異，普通良好沙土路之成分如下表：

路 面 硬 度	較 硬	中 等	較 軟
黏土(Clay)	10-15%	10-25%	10-25%
沃土(loam)	5-15%	5-20%	5-20%
沙之總量	70-80%	60-80%	5-80%
沙之大於第60篩孔	45-60%	30-60%	20-60%

沙土路如因車輛過重而致損壞，則加寬輪緣並限制載重。如因成分不勻而致晴天易生灰洞，則挖一長方形之坑，加入新料，輾壓使平，或用木夸夸實之。或將路面扒鬆，加入缺少之材料，拌和後再輾壓使平。如因排水不良而使路面易生車轍或窪陷，則掘起其地，填入新料，成分與原有者相同，稍高過四週，輾壓使平。路肩及明溝常須刈去雜草，以利排水。此種路面常撒煤青油，淡水，或氯化鈣以資防塵。

第十三章 卵石路(Gravel Roads)

定義： 卵石路爲由天然卵石完成之路面。因其成分，施工及形式之不同可分爲表面式卵石路 (Surface Type 或稱羽邊式 Feather-edge Type) 及溝槽式卵石路 (Trench Type 或稱水結式 Water-bound Type) 二種。

厚度： 表面式厚度爲 5—8 吋 (12.7—20.3 公分)，溝槽式厚度爲 8—10 吋 (20.3—25.4 公分)。

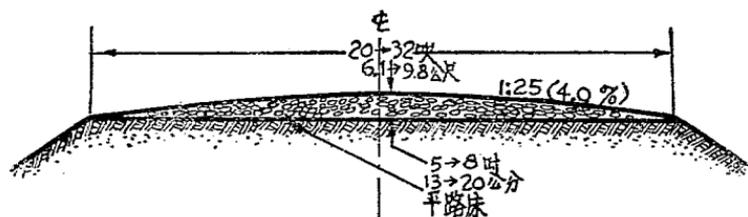
路冠： 1:25 (4.0%)。

材料： 卵石路之主要材料爲卵石 (Gravel) 與結合料 (Binder) 二類。卵石之來源爲海岸，河岸，池沼，湖泊及山谷等處。普通爲花岡岩，石灰岩，砂岩，角閃岩等。卵石之主要作用爲抵抗車輪之磨損；故須硬而堅韌，能抗風化之作用，且以多角者爲佳。河道下流及海岸之卵石表面過光，有時須打碎及混以多量之結合料。卵石之直徑普通在 $1\frac{1}{2}$ 吋— $\frac{1}{4}$ 吋 (3.8—0.6 公分) 之間。卵石之大小變遷甚大，然在理想之卵石直徑，小於 1 吋 (2.5 公分) 者須 95% 以上，小於 $\frac{1}{2}$ 吋 (1.3 公分) 而大於 $\frac{1}{4}$ 吋 (0.6 公分) 者須在 20—40%，其小於 100 號篩孔者須不超過 15%。

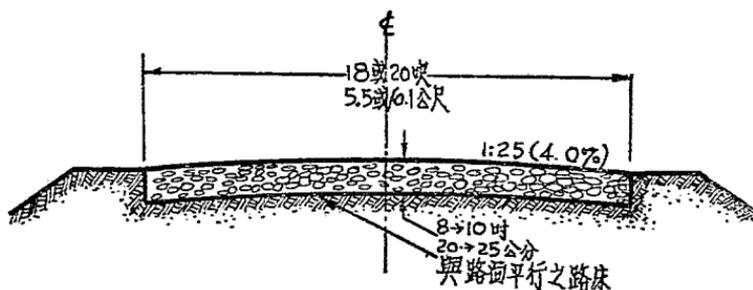
結合料之主要作用爲使卵石結合成爲一體。結合料之主要爲沙，石粉，黏土，沃土及石灰或氧化鐵等等。沙及石粉無結合力，唯

足填充卵石之孔隙，沙之量約為卵石體積之 30%，黏土之結合力甚強，然雨時泥濘，乾時生塵，故用量較少，約為卵石體積之 15%，沃土粒細而缺黏性，其量甚微。天然之石灰，氧化鐵之結合力甚大，然獲得較難。

剖面圖：



第82圖 表面式卵石路



第83圖 溝槽式卵石路

築造法： 表面式卵石路——將路床輾壓結實，完成微弓形或完全平面，其路面之築造法有三：

1. 用葉片平地機 (blade-grader) 或耙耨或鏟將含有良好之

結合料之卵石平鋪路床上。中部厚 6 吋 (15 公分) 闊約 20 呎 (6 公尺) 至兩邊漸薄約為 3 吋 (7½ 公分)。用石碾或平地機輾壓使平。

2. 將卵石堆於路之兩邊，初鋪一薄層，每次雨後加一薄層，厚約 2 吋 (5 公分) 於路面上，由車輛行駛而壓實。此種路面結合力較強，惟易生車轍，沙土之量易致過多。

3. 分二層或三層築造。先於路床上鋪卵石一層厚約三吋 (7½ 公分)，再加結合料一層。再於其上鋪卵石一層厚約三吋，加結合料一層。如以三層築造，則再加卵石一層。於每次加卵石後，即用耙耨等拌和卵石與結合料並洒水輾壓使平。此法中最下層之卵石較粗大，漸上而細小。

溝槽式卵石路——完成路床後將路床中部挖成一淺槽，深寬以路面所需者為度。將挖出之土堆於兩旁，以作路肩，輾壓後於槽內鋪卵石至所需厚度，輾壓使平。亦有以二層或三層而鋪，間加接合料。每次加卵石後即予拌和之。拌和後即予輾壓使平。

沙量較多之路床上之卵石路——先鋪黏土一層，厚約 6 吋 (15 公分) 至 8 吋 (20 公分)。黏土之上鋪卵石一層使達路面所需之厚度。卵石之上鋪黏土一薄層，用石碾或平地機輾壓之使成所需路面。如此則沙量不易過多。

特性：卵石路能承受較大之貨運。其路床為普通土壤者每日可通過車輛七百，如建築及保養較宜，則可達千輛左右。卵石路，晴天多灰塵，車輛過多易起路紋。表面式卵石路當久雨後，或於冰結與融解交互期，路面易軟，且易受貨車之行駛而損壞。

討論：表面式卵石路，築造簡單，造價低廉，且視道路交通量之多寡而有厚薄，溝槽式則中部與兩側厚度一律，不以兩側車輛行駛較少而減少其厚度也。再者，溝槽式所得之耐久性或不及與造價增加成爲正比。更因溝槽式卵石路較狹之處，車輛易損路肩。故選用表面式者較溝槽式爲多。溝槽式卵石路之利，在卵石不易向旁飛散。且路面較爲結實，如日後於卵石上再加瀝青以護路面者效力頗大。

卵石路普通常須雇工巡查路面，如發現窪低之處，須即填補卵石。如窪低之處較大，則掘起較大四週，加入適宜成分之卵石及結合料之混合物填足之，再輾壓或用水夸夸固之。每日之車輛如超過五百時，每日須用石滾輾壓之。輕貨運之路可隔數日施行輾壓一次。如遇路面略有低陷時，即須加新卵石一層，厚約二吋（5公分），以資保持原有厚度。

卵石路普通常撒佈淡水，鹽水，煤青油，或氯化鈣等以作防塵之用。煤青油之效力不佳，故今日施用者已少，然在冰凍嚴重之處，則效力甚佳。

第十四章 水結碎石路(Water-Bound Macadam Roads)

定義： 路面為碎石由水及石粉等之結合料所膠合而成者名水結碎石路。

厚度： 普通厚度為8吋(20公分)至10吋(25公分)。路基較堅固，貨運較輕者厚度約為6—8吋(15—20公分)。

路冠： 1:25(4.0%)

材料： 水結碎石路之重要材料為碎石及結合料二種。碎石之石材主要者，為石灰岩(Lime stone)，花崗岩(granite)，雜灰岩* (Trap) 等。次要者，為介殼石(Shell)，泥板岩(burnt shale)，爐滓(Slag)，及沙石(Sand Stone)等類。結合料之主要者為石粉。其次為沙土之類。黏合料之量約為全體碎石體積之五分之一。普通碎石多由採礦而得，再由人工或機器打碎而成。人工打碎者較為均勻，石屑較少，惟於大量需要時則用機器打碎。

石材之性質各異，為求抵抗因貨運多而起之磨損，故須堅硬。且為避免因車輪之撞擊而致破碎，故須強韌。碎石之結合力在碎石間之鈎合作用與石粉與水所生之結合力，故石材須富結合力。更為避免受風雨之侵蝕故須吸水性較少，能抗風化作用者為佳。

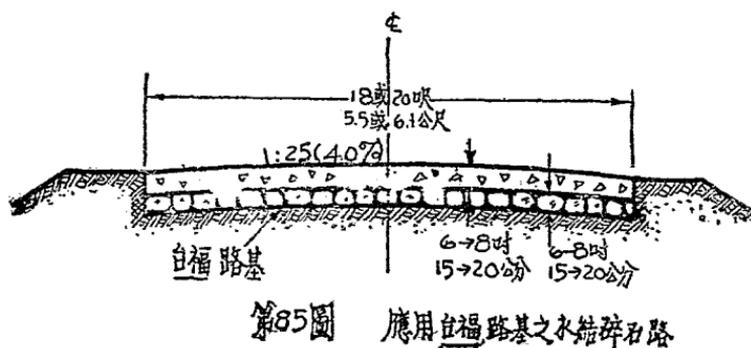
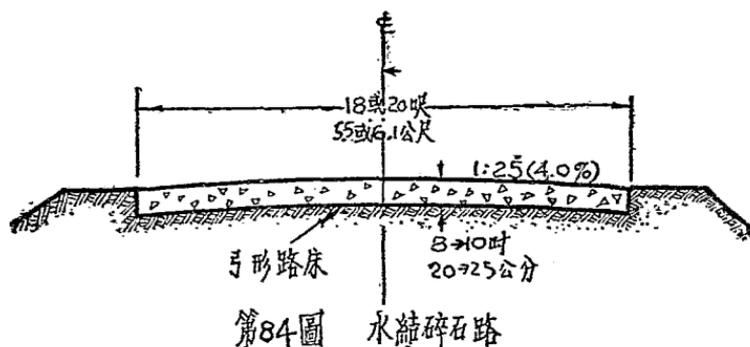
碎石之大小，依鋪層之上下而不同。如下層用台福(Telford)

*雜灰岩，為暗灰色之火成岩。

路基，其石塊厚約6—8吋(15—20公分)，闊5吋—1呎(13—30公分)，長約8—15吋(20—40公分)。如路基亦用水結碎石則下層碎石可較上層為大，普通直徑為 $4\frac{1}{2}$ 吋(11公分)以下，上層碎石直徑約為 $2\frac{1}{2}$ 吋(6 $\frac{1}{2}$ 公分)以下。較良石材之碎石可以較小，然石材較小易受車輪之滾動而鬆散，故普通為 $2\frac{1}{2}$ → $\frac{1}{4}$ 吋(6 $\frac{1}{2}$ →0.6公分)。在 $\frac{1}{4}$ 吋(0.6公分)以下者為結合料。

碎石經碾壓後體積縮小約原厚度百分之二十。

剖面圖：



築造法：水結碎石路之路床爲避免碎石之散失不實，故多採用溝槽式。將中部挖去成一淺槽，挖出之土作爲路肩之用。路床完全平坦或微弓形。如應用台福路基，則將大石塊鋪於路床上，厚約8吋(20公分)用石鎚使石塊靠緊，並用石片石塊填充空隙，再施輾壓路碾重約15噸，以使結實。如不用台福路基則將路床輾壓，重約10噸以內，視路床性質而異，較硬者可加重輾壓，使之平坦穩固。

雨季築路時爲求排水便利計，常設橫斷路面之暗渠，渠底較路床約低5吋(13公分)，中填大碎石，間隔50呎(15公尺)。

碎石，普通先堆路旁，後用鏟撒佈路基上，或用運石車直接倒於路基上，然後均勻撒佈之。約達全厚之三分之二，洒水而輾壓之。此厚度之測量，普通沿路兩側，及中心部設置木板，木樁或鐵釘。其高度超過表面層鬆時之高度，以便推知各層撒置之厚度。下層壓實後，同樣加鋪上層，鋪至路面所需厚度，輾壓使實。輾壓後路面又低，即予鋪上佔全厚之三分之一之結合料，均勻撒佈後，即施輾壓，使結合料入石屑縫中，來回輾壓至填足結合料後，用硬箒將多餘之接合料帚去，再洒水輾壓，使成所需之路面。

輾壓路面用輾壓機(Roller)或大石礮輾壓。輾壓時須留心因輾壓而使石塊破碎，相互磨擦而使路面鬆散，如發現不平之處，即須加大小相似之石塊填補之。依路縱向由兩側開始，如此來回，直抵中部。來回達數十次直至路面成整塊狀態。輾壓之速度不宜過大，普通約每分鐘一百呎(30公尺)。待整個路面輾壓完成後，再行輾壓路肩。

特性：水結碎石路之碎石間之結合性全恃水及結合料之膠合性，故缺少彎曲強度 (flexural strength)，因之不能將路面所受之載重平均分佈於路床上。普通可假定其依輪緣等作用面積以 45° 線之方向，得達路床。

水結碎石路如路床為良好之沙土，且有良好之排水，並有較堅韌之石材所成者，如厚度在 8 吋 (20 公分)，則可承受載重每平方呎約達二噸。如路床材料易吸水分者，則應用台福路基以增強其負重之強度。

水結碎石路，雨時泥濘，晴時生塵，重車較多之處，養路頗大，且打掃不易，故城市中較繁盛之路不宜應用，惟造價低廉，阻力尚不甚大，噪聲不大，耐久性尚可，故一般公路及較少交通之城市多採用之。

討論：此種路面常因貨運較多而致石屑鬆散破壞，以輾壓不實時為尤甚。如經發現，即須加料，洒水輾壓之。如貨運每日超過 200 輛時，瀝青料可作滿意之修補料。如路面磨損甚速，則隨時加入新碎石以保持厚度。如有淺洞或車轍發現，即用人工扒鬆舊料約達 4 吋 (10 公分)，加入新料與結合料，輾壓使結實。此種工作，常由路工時於巡查，一經發現，即予修復，以免日後之擴大。

此種路面常洒水，氯化鈣，及煤青油等於路面以資防塵。

第十五章 混凝土路(Concrete Roads)

定義： 路面由混凝土所成者名混凝土路。

厚度： 9-7-9式路斷面為路邊9吋(23公分)，漸向中部漸薄，至離路邊4呎(12公尺)後，均厚7吋(18公分)。其他斷面尚有10-8-10及12-9-12等式。

路冠： 1:40(2.5%)至 1:80(1.25%)

材料： 選用材料，須顧及價格，受風化及磨損之抵抗力等等。混凝土路之主要材料為水泥，細粒料，粗粒料，水及其他材料。茲分述如次：

1. 水泥 — 以普通水泥 (Portland cement) 為主要。須乾燥而無塊狀者為佳。水泥塊，多因遇水形成，已失原有之結合力，故須避免之。其他尚有礬性水泥 (Alumina Cement)，礬土成分約佔十分之四。及快燥水泥 (High early strength cement) 為製造時改良所成。後二種水泥凝固甚速，得力甚早故交通之阻礙較短，應用故廣，惟其價格較昂耳。

2. 細粒料——常以沙及石屑充之。沙最常用。以清潔者為佳，黏土泥滓等雜物不宜超過百分之二；有機物更不宜包含。普通以硬而耐久，稍含硅酸性者為佳。其大小度約如下：

過 $\frac{3}{16}$ 吋(1公分)之篩孔…… ……………100%

過 4 號篩孔，須逾.....	90%
過 50 號篩孔.....	5—30%
過 100 號篩孔.....	0—5%

3. 粗粒料——普通爲碎石，卵石，及爐滓。碎石須堅硬而富稜角，無泥土及有機物等雜質。最良者如花岡岩，石英斑岩，石灰岩等。其磨損性須超過台衛 (Deval) 試驗係數 6。卵石須均勻而清潔，泥板岩，泥球及各種軟石等之弱料不能多過百分之三。磨損性在台衛試驗中小於百分之十八。爐滓普通用鼓風爐之爐滓質較輕，惟須每立方呎重於七十磅 (1120 公斤/立方公尺) 爲佳。粗粒料一般大小分析如下：—

過 2½ 吋 (6.3 公分) 之篩孔.....	45—100%
過 1 吋 (2½ 公分) 之篩孔.....	40—75%
過 4 號篩孔.....	0—10%
過 8 號篩孔.....	0—5%

4. 水——水以純潔爲佳，無酸性及鹽基性以免有損混凝土之強度。冬日爲避免凍結起見有應用熱水或微量鹽性之水。

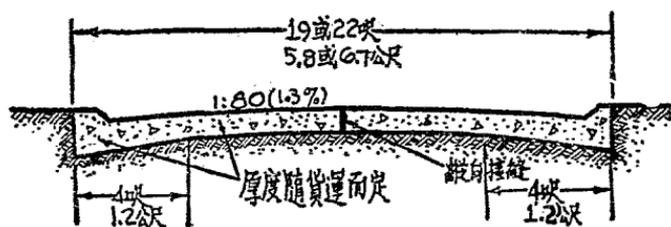
5. 其他——倘欲混凝土之凝固加速，則可加適量之氯化鈣 (Calcium chloride)。爲使混合工作便利計常加微量之水化石灰 (hydrated lime)。有時爲增強混凝土之強度，而應用鋼筋者，以竹節鋼爲佳。其量普通主筋之斷面積於鋪面每呎長中含有 0.093 平方吋，副筋爲 0.047 平方吋。鋼之折斷強度須有 70,000 磅/每平方吋。

混凝土之材料配合須視彎曲強度，工作適度 (Workability) 及水泥漿 (即水泥及沙之混料) 與粗粒料體積之比例而異。彎曲強度須有 3,000 磅/吋² (212 公斤/平方公分)。水泥漿之體積普通超過粗粒料孔隙，以資結實而不易透水。故常超過粗粒料體積之半。水量較多，易於拌和，然易減少強度。一般混凝土中水泥，細粒料，及粗粒料體積之比為 1:2:3 或 1:2:3½。水量之多寡，常以水與水泥體積之比為 0.75 至 0.80 為佳。

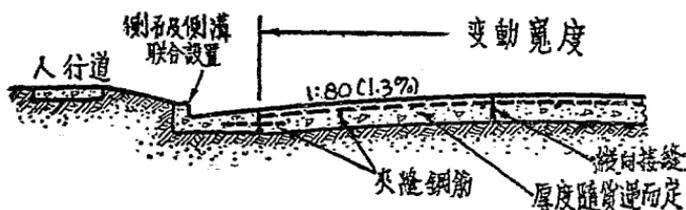
混凝土材料，其成分體積之計算可應用福勒氏 (Fuller) 公式計算。如水泥重每立方呎為 94 磅 (1500 公斤/立方公尺)。且成分之比 (即水泥，細粒料及粗粒料體積之比) 為 a:b:c，則每單位體積混凝土所需各材料之量可按下列公式計算。

混凝土	每立方公尺	每立方呎
水泥	$\frac{2340}{a+b+c}$ (公斤)	$\frac{140.5}{a+b+c}$ (磅)
細粒料	$\frac{1.55b}{a+b+c}$ (立方公尺)	$\frac{1.55b}{a+b+c}$ (立方呎)
粗粒料	$\frac{1.55c}{a+b+c}$ (立方公尺)	$\frac{1.55c}{a+b+c}$ (立方呎)

剖面圖：



第86圖 混凝土路



第87圖 混凝土街道

築造法： 混凝土路之路床如為舊碎石路或卵石路，則須先經輾壓，低處須予填平，以達適宜之路基。如路床為新土，先以粗略之輾壓，壓後設置殼子板於兩側。再施二次輾壓。用手夸夸平凸起之處。並完成路面較厚部分之低部。用鐵模板沿殼子板校正路床形式。如路床富吸水性者，則舖油毛氈一層，以免日後混凝土之水分被路床吸收而生裂縫。殼子板須足能承受工人及工具，或完成路面之器具、挑板等之重量，而不變更位置者。木製者須有4吋（10公分）深入地下，上面達完成路面高度以上。

混凝土材料之混合法，有在工作處混合，亦有將材料在廠內混好，輸送至工作處。前者成分不易準確均勻，後者如距離過遠易致硬化，故其輸送時間以四十五分鐘為限度。混合之方法有機器，人工二種。其混合時均先將砂及水泥先行拌和，再加石塊拌和，拌和後再加水使成均勻之混合。如用機器混和，混和機之容量每次為一立方碼（ $\frac{3}{4}$ 立方公尺）。如在就地拌和，則水量之供給，以每日工作十小時計，約需一萬五千加侖左右。此項水量由自來水或河流湖泊

用抽水機抽起，以直徑約 3 吋 (7½ 公分) 之帆布橡皮管接送之。

鋼筋之設置，可傳遞接縫處之剪力 (Shear)，及減少因伸縮所起之裂縫。橫向鋼筋普通用半吋 (1.3 公分) 直徑，間距二呎 (60 公分)，縱向鋼筋常置於九呎 (三公尺) 之車線，沿邊約 6 吋 (15 公分) 或 1 呎 (30 公分) 處，有時在車線中央亦置一條，普通用 $\frac{3}{4}$ 吋 (1.9 公分) 之直徑。設置時有用鋼墊 (Chair)，使達適宜高度，然後鋪以混凝土。如縱橫鋼筋成網狀者，則先鋪混凝土一層，達適宜厚度，上鋪鋼筋網，用鐵絲紮好，再加上層混凝土，完成路面。另一法，為鋼管或輕鐵軌數條，上鋪紮好之鋼筋網，再鋪混凝土，鋪好後抽出鋼管或鐵軌，將混凝土填足抽出處，此法較前法為佳。

混凝土用鍬或鏟平鋪路面後用夸夸緊，輾壓結實。用完成路面之機器或長木板，沿路邊之殼子板，橫向移動。同時漸向前移動。完成後第二次復如前行之。如殼子板良好，可完成光滑之路面。有時加水泥漿 (即 1:1 成分之水泥及沙之混合物) 以使路面平光。又為求路中成弓形，故用木棒，縱向而完成路面，此棒厚 2 吋 (5 公分)，闊 8 吋 (20 公分)，長 12 呎 (4 公尺)。其第二板成 T 式，以二人站於挑板上行之，使路面光滑。(見第 88 圖)

路面完成後為使混凝土之水泥有適當水分以供凝結，其法有五：

1. 澆水法 —— 混凝土稍硬，由路工輕輕洒水，後覆粗布或蓆袋於路面上；繼續不斷洒水，直至路面凝固為止，每人可管理路長一千呎 (300 公尺) 左右。有時待稍硬後，自路側鏟土鋪於路面上，

厚約5公分(2吋)，其上洒水，如此保持十天之濕度。有時將土縱橫築成小堤，堤間蓄水，如水池然，水之深度約為3吋(7½公分)，待硬固後將水放去。此法適於水量較多之處。

2. 氯化鈣法——氯化鈣能吸收空氣之水分，故將氯化鈣薄片或粉粒撒於混凝土上，有時將氯化鈣拌和於面層混凝土中，其量約為每袋水泥需用二磅(1公斤)。此法效力弘大，然費用較大，甚適於水量缺少之處。

3. 瀝青表皮法——在混凝土尚青色時，將瀝青之乳濁體噴於路上，使之吸收成一表皮，混凝土之水量因之不易蒸發。

4. 硅酸鈉法——待混凝土稍形凝固，即用硅酸鈉之溶液撒佈之，溶液濃度為三分硅酸鈉與一分水量所混和者。其洒佈之量為路渣一平方碼(約1平方公尺)須洒1磅(半公斤)。此法於熱天須鋪布後施行。

5. 其他方法——有時常撒佈馬糞或稻草於路面上，以防凍結，然須相當硬固時行之。惟馬糞內須留心其化學成分對混凝土之損害，此法價廉，故應用者甚多。

混凝土路面常有伸長縫及收縮縫之設置，其目的在減少因混凝土伸縮所起之損壞。其築造之法如下：

1. 伸長縫(Expansion Joints)——縫寬約半吋至二吋(1.3—5公分)，縫間填以瀝青或吸有瀝青料之油毛氈，方法有二：

(1) 未鋪混凝土前，將瀝青倒入接合縫之夾板間，硬後壓平，取去夾板，再鋪混凝土。

(2)用殼子板留出接合縫，先鋪混凝土，硬固後拆去殼子板，加入瀝青料。

此種伸長縫之目的為使混凝土受熱伸長時可擠出瀝青料，而本身不致迸裂。其設置之地點，鄉村道路約每隔 500 呎(150公尺)，平面或縱曲線之起點及終點，及橋梁，涵洞之兩端。街道中則於兩路相交，在側石彎曲開始處設置之，又兩縫間距超過 300 呎(90公尺)以上則中部須另設置之。

伸長縫常設夾縫釘(Dowel steel)以資傳遞垂直之彎曲(Deflection)。夾縫釘約在路面下二吋 5 公分)，夾縫釘長約 3 呎(1公尺)，每隔 4 呎(1.2 公尺)設置之。鋼筋經過伸長縫時，外套金屬套管，管中塗油，以使伸縮便利。

2.收縮縫(Contraction Joints)——為免除因收縮而起之牽引力所生不規則之裂縫，建造之法有二：

(1)在混凝土未硬固時，用楔形金屬片一邊厚半吋(1.3公分)，一邊為薄片，高約 2 吋(5公分)長如路寬，嵌入混凝土中；金屬片須塗油一層，待混凝土硬固時即行拿去，縫中填以瀝青料。如路面因收縮而生裂縫時必發於收縮縫附近。

(2)混凝土未鋪前，將金屬薄片放於路床上，其高邊較路面略低鋪上混凝土而完成路面。如路面因收縮而生裂痕時，多沿金屬片上之混凝土發生，成為直線無枝柯錯出之弊。

收縮縫之間距約 25 呎(8公尺)。如伸長縫之間距僅 35 呎(11公尺)時可不設置收縮縫，縱向鋼筋過接合縫處仍繼續通過，且可

抵抗因收縮而生之牽引力。

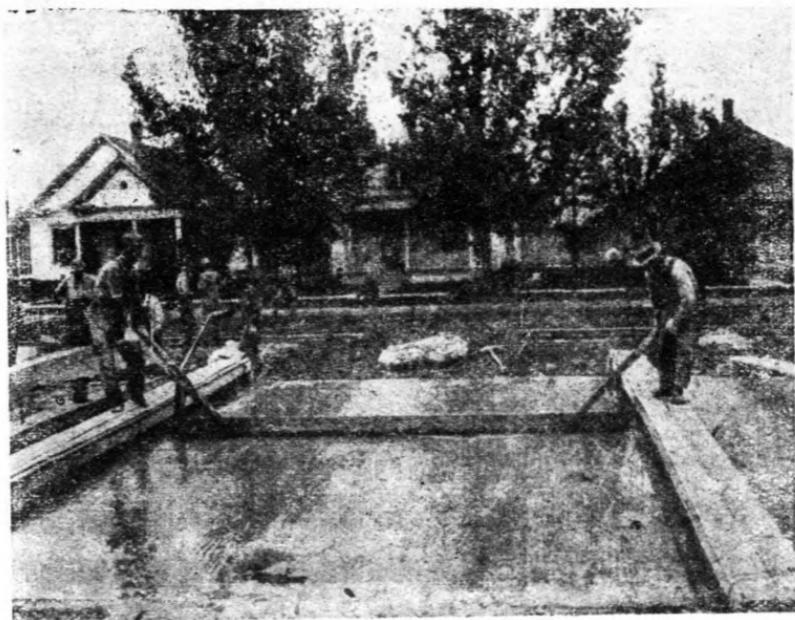
如不用鋼筋時，在伸長縫及收縮縫爲求與設置鋼筋有同樣強度起見，使縫邊之路面加厚，如路側之厚度。則甚堅固。

混凝土路面尙有海遜 (Hassam) 築造法，即先將粗粒料，如碎石路面築造法建築之，然後用特製澆注機，將水泥漿（沙及水泥之混合物），注入碎石縫間。此種築造法近來已日漸應用，尤以街道之電車軌間之鋪面常採用之。

混凝土路面更有一種名維勃羅力 (Vibrolittie) 築造法，爲路面之混凝土由特製機器，搖動而築成。此法可有甚大之密度及磨損之抵抗，水泥之用料頗省，故應用亦日漸廣大。

特性：混凝土路面之良窳，視其彎曲強度而定。此種路面常能承受較大之載重，塵土甚少，路面光平，水分及熱度之吸收量較少，材料易集，建築及修理均易；其牽引抵抗甚小，故車輛行駛阻力減少，燃油亦可節省。再者色澤良好，易於清除，故頗美觀。然在築造及修理時阻礙交通之時間較長，伸縮裂縫在所難免，而路下埋設水管，污水管等時，不易翻開路面，此爲其弊。

討論：混凝土路面如發見裂痕等破損，即用瀝青材料填補之。如破損較大，則鑿開其四周，洗淨後，用同成分之混凝土或速硬之混凝土填補搗固之。或用瀝青料填補後，用沙撒於其上，以便交通之繼續。



第 88 圖 混 凝 土 路 面 之 施 工

第十六章 磚塊路 (Vitrified Brick Pavements)

定義： 磚塊路為鋪路磚所鋪成之路面，其下有沙或其他材料之褥層，褥層下為混凝土之路基。

厚度： 磚塊層厚 $2\frac{1}{2}$ —4 吋 ($6\frac{1}{2}$ —10 公分)，褥層厚 1—2 吋 ($2\frac{1}{2}$ —5 公分)，路基厚 6—7 吋 (15—18 公分)。

路冠： 1:80 (1.25%)

材料： 磚塊路普通分路基，褥層及面層三層，各層材料：

(一) 路基 (Foundation Course) —— 由混凝土路，碎石路或卵石路而成。或為舊有之各種鋪面。混凝土路基中水泥，沙及碎石體積之比用 1:3:6 或 $1:2\frac{1}{2}:5$ 。

(二) 褥層 (Bedding Course) —— 為調節路基之不平，磚塊之高低及將每塊磚所受之載重傳遞於路基上，故褥層之本身須結實而不易移動。普通有下列三種：

(a) 沙料 —— 以清潔不含多量之泥塵黏土為佳。其價較廉，且可減少由路面受打擊所生之力。然面層須不透水，否則水入褥層，易將沙沖去。

(b) 沙及水泥之混合物 —— 沙與水泥之乾燥拌和，其成分為水泥與沙體積之比為 1:2。如路面水因磚縫之填充料透水而入褥層時，應用此種褥層，可以無礙。

(c)礦滓或石屑——其本身有黏合性，然材料常受限制適於易取得之地。

(三)面層(Surface Course)——由磚塊砌成，磚間有填縫料。

(a)磚——多由黏土或泥板岩製成，其製法，有人工與機器二種。製造之法先令與水拌和成黏性物體，置於模型後成長方塊，體積稍大於完成之磚。經略乾後即入窖中燒之，達華氏二千度左右。燒成後徐徐冷卻，即成磚塊。機器製成時，常製成長條之黏土，由金屬線將其切成塊狀，然後再烘乾，入窖內燒成之。此種磚塊名普通線切磚(Plain Wire-cut Brick)。(見第90圖所示)有時其一面切成波形之面，而成波面線切磚(Wire-cut lug Brick)。見第91圖所示。

磚塊有時在製造時，於機器切成塊狀後，再入特製模型中，施用壓力，使成較結實之組織，此種製成者名重壓磚(Repressed Brick)，其質較為堅硬。重壓磚因一面有磚瘤故又名瘤磚(Lug Brick)。(見第92圖所示)

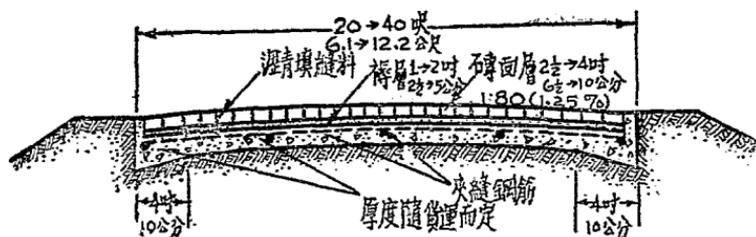
美國磚塊之大小普通以吋計： $2\frac{1}{2} \times 4 \times 8\frac{1}{2}$ ， $3 \times 4 \times 8\frac{1}{2}$ ，或 $3\frac{1}{2} \times 4 \times 8\frac{1}{2}$ (公分計： $6.4 \times 10.2 \times 21.6$ ， $7.6 \times 10.2 \times 21.6$ 或 $8.9 \times 10.2 \times 21.6$)，重壓磚，為吋計 $4 \times 3\frac{1}{2} \times 8\frac{1}{2}$ (公分計： $10.2 \times 8.9 \times 21.6$)。中國普通磚以吋計 $2 \times 5 \times 10$ (公分計： $5.1 \times 12.7 \times 25.4$)。實際大小，略有不同，橫，寬可有 $\frac{1}{8}$ 吋(0.3公分)之差異，長度可有半吋(1.3公分)之差異。

磚塊以堅而硬，色褐黑而均勻，擊之聲脆，吸水性少，無氣孔及

裂縫之類，且由均勻火方燒成者為佳。其磨損性 (abrasion) 試驗，厚 $3\frac{1}{2}$ 吋 (8.9 公分) 之磚磨損部分，不能過全重之 26%，厚 3 吋 (7.6 公分) 者，不能過 26.5%。

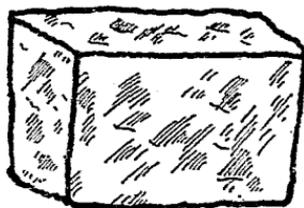
(b) 填縫料——沙，水泥漿或瀝青料。水泥漿中水泥與沙體積之比多為 $1:1\frac{1}{2}$ 或 $1:2$ 。瀝青料應用時其熱度達華氏四百度左右。

剖面圖：



第89圖 磚塊路

築造法：磚塊路路基如新建者，須先完成路床，輾壓成微弓形，再於其上建築路基，路基用碎石或卵石路時，造成後須有較重之輾壓。混凝土路基，築造法與混凝土路同，如應用舊碎石或混凝土路所改造者，則先須清除鋪面。凹凸，及破裂之處即予填平，輾壓成適宜路基。



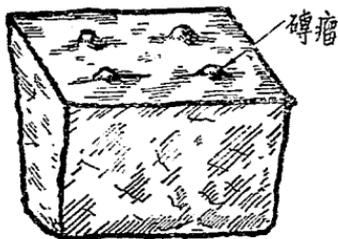
第90圖 普通線切磚

路基完成後即鋪沙褥層。或用沙及水泥之混合物或用礫滓，或用石屑。平鋪路基上一薄

層。



第91圖 波面線切磚



第92圖 重壓磚(即瘡磚)

層。鋪好後用人工拖拉之礮子輾壓。普通直徑為2呎(67公分)，長為2½呎(76公分)，重約600磅(270公斤)。輾壓後即施鋪路面。未鋪路面前不宜洒水。

磚塊與路中心線垂直方向排列。道路之交又點應用斜式或斜鯀骨形排列。每列中，每磚塊間之接縫適與鄰列各塊之中部相對。故每列之始點有部分磚放置。

放置磚塊五列，即用木槌擊緊之。鋪好後掃去小片。查驗全部，不良之磚，即須換去。鋪好磚塊用五噸以下之輕輾壓機或石礮輾壓之，使成同一平面。輾壓時先由兩側沿道路縱向而輾壓，漸至中部，遇有碎磚即予置換。輾壓完成一次後，又於對角方向，輾壓之。

如褥層用沙及水泥之混合物時，於輾壓後即洒適量水分，使易發生結合力。

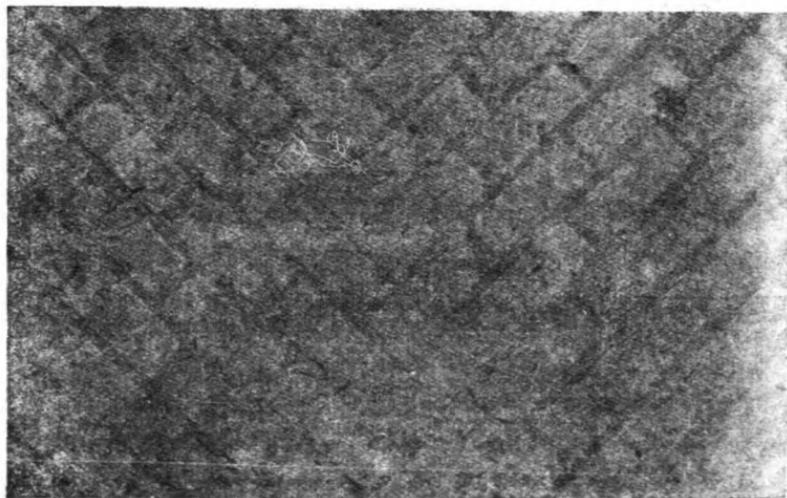
磚縫間之填縫料。沙料填足隙縫後，如路面再加鋪一層，使車輛行經其上，沙料自動落入縫中。水泥漿與瀝青料常鋪於路面，使

其流入縫中，多餘者括去之。有時用罐盛之，澆注縫中，深入後又澆之。其上再鋪沙一層。

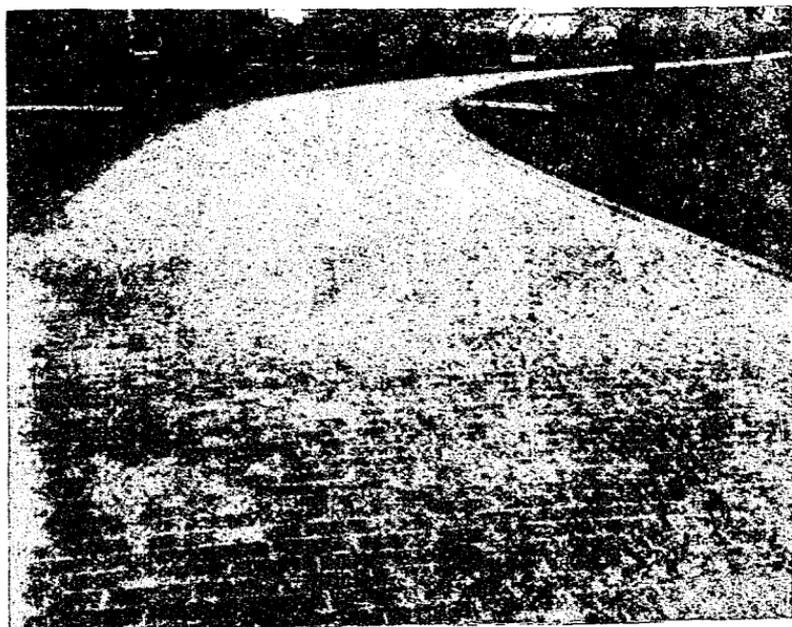
磚塊路之又一法，名整體磚塊路 (Monolithic Brick Pavements)，係於混凝土路基稍為凝結而未硬固時，即鋪磚塊，鋪後輕壓使平。加入填縫料後完成之。

特性： 磚塊路牽引抵抗較小，能適合於任何縱坡。少噪音，宜目力，美觀而衛生，耐久而經用，為其特點。惟磚料不易均勻，磨損不同，易生凹凸，且建築費較大，為其缺點。

討論： 整體磚塊路，理論頗為適宜，因可免用褥層，而厚度可減少，施工亦易，築成甚速。然事實上，磚塊不易完全粘附路基上，



第 93 圖 交叉點磚塊路之排列法



第 94 圖 與側石垂直排列之磚塊路

且放置磚塊須特殊技能，舖面隨路基而伸縮，更於置換磚時不易將舊磚取去，故近年來應用不廣。

磚塊路之基層以混凝土為佳。褥層以沙為廉。磚縫之填料：(1)用沙者價廉，修理時磚塊易換，且舖面完成後即可開放交通。然沙易散失，透水性大，水易透入路面之下，更不合衛生，應用者較少。(2)用水泥漿者可減少磚塊邊之磨損，雨水不易散失，磚塊亦不易移動。然易生裂痕，水量亦易侵入，故需瀝青料填補。完成後須經較長時間始可開放，更因磚塊伸縮不易故須設置伸縮縫 (3)用瀝青

料之填縫料，可不設伸縮縫，水量不易透入褥層，路面完成後即可開放，然夏日高溫易擠出路面。由上述結論，故就經濟，不透水性及穩固性而言，磚塊路應用混凝土路基，沙褥層，及瀝青填縫料所完成者最佳。

磚塊路之繕修，視其破壞原因而異。如有碎磚發現，或因質軟而磨損者，即用鑿取出，換以新磚。如路面發生裂縫即用瀝青料或混沙之瀝青料填補之，上再置沙一層。如因路基下層或其他原因欲整個翻造者，則翻起舊磚，加厚路基，鋪上褥層後，將舊磚用鉛絲刷清其面，換出弱磚，然後鋪於褥層上，澆注填縫料，而完成之。

第十七章 木塊路(Wood Block Pavements)

定義： 木塊路爲木塊所鋪成路面，下有沙或其他材料之褥層，褥層之下有混凝土路基。

厚度： 木塊層厚 4—5 吋 (10.2—12.7 公分)，褥層厚 1 吋 (2.5 公分)，路基厚 8—12 吋 (20.3—30.5 公分)。

路冠： 1:50—1:60 (2.00—1.67%)

材料： 木塊路分三層，各層材料如次：

(一)路基——普通應用 1:3:6 成分之混凝土路基，或由舊木塊路切去磨損部分而成。其他尚有碎石或礫石而成者。然均不如混凝土路基爲佳。

(二)褥層：

(a)沙料——易被水沖去，乾時易移動，故不適用，惟價格甚廉，故亦有採用之。

(b)水泥及沙之混合料——拌和乾燥水泥與沙，其成分爲 1:4。

(c)焦煤油瀝青料——不易透水，木塊膨脹時不易發生翹起之現象。費用不大，應用日廣。

(三)木塊——木材多用美松，建松，橡樹，菲列賓紅木，中國松等。木質需均勻而強韌，木紋需緻密而通直。自髓心 (Pitch) 二吋 (5 公分) 開始，沿半徑方向，量出一吋 (2.5 公分) 中，年輪至少爲

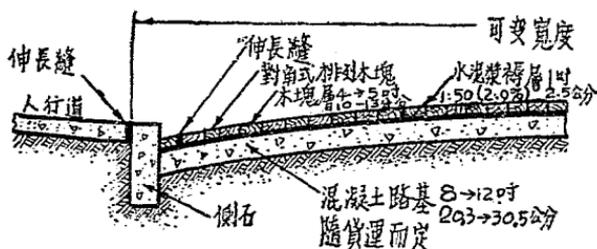
6, 如夏材 (Summer wood) 爲全體三分之一以上, 則年輪爲 5 者亦用之。如木材無髓心者, 則距中心年輪 1 吋 (2.5 公分) 起, 量出一吋 (2.5 公分) 中之年輪爲準。普通大量木材中須有百分之七十之心材 (Heart wood), 且每塊中之心材不能少過一半。木材中須無實結 (Sound knot), 虛節 (Loose knot), 大節, 樹脂孔 (pitch pocket), 及縱橫裂縫等疵病。其平行幹軸方向之耐壓力大, 磨損抵抗較強, 因水分及溫度變遷而伸縮少, 滑度不大爲佳。

木塊之製法爲將木材疊成能流通空氣之大堆, 經一月至三月時間之自然風乾 (Seasoning), 或由人工烘乾。鋸成木板, 板厚適等於木塊寬度。再鋸成塊狀, 於注液器 (Treating chamber) 中施注防腐劑 (preservatives)。此種注液器長約 100—160 呎 (30—49 公尺), 直徑 6—8 呎 (1.83—2.44 公尺) 之鋼桶。應用之防腐劑爲有毒之煤青油 (Creosote oil) 及瀝青之混合物。比重約爲 1.08 至 1.14。用量爲每立方呎木材用 16—18 磅, ($7\frac{1}{4}$ —8.2 公斤)。有用壓力或不施壓力者, 加熱使藥料注入木材孔隙中。有時先利用真空以抽去木料中之液汁者。其效力甚大。木塊防腐之又一法爲將木塊浸入高溫之瀝青中, 使吸收成一表面薄層, 然效力不佳。

木塊之大小, 爲深 3, $3\frac{3}{4}$ 或 4 吋 (7.6, 8.9 或 10.2 公分), 厚 2 $\frac{1}{2}$ —4 吋 (6.4—10.2 公分), 長 5—12 吋 (12.7—30.5 公分)。

(四) 填縫料——沙或瀝青料,

剖面圖:



第95圖 木塊路

築造法：路床經輾壓完成後，即築混凝土路基。路基完成後如用沙或水泥及沙之混合料為褥層，則舖後，用輕壓機輾壓使平。如用煤青油瀝青時，均塗路基上，再加沙一薄層。如此即可放置木塊。放置之法有與側石垂直，或成 65° 或成對角線 (45°) 之排列。如木塊甚乾，排列須較鬆，以免膨脹之力甚大，有時浸入水中數小時後，再行放置。

對角線式排列之木塊路，其伸長縫寬約 $1-1\frac{1}{2}$ 吋 (2.5—3.8 公分) 常設於離側石約二縱列木塊之處。如有聯合之測石及側溝之設置，則可沿側溝設置之。用垂直側石排列之木塊路，每距 50 呎 (15 公尺) 設置橫向之伸長縫寬約 $\frac{3}{4}$ 吋 (1.8 公分)，伸長縫多用瀝青料或吸有瀝青之油毛氈填足之。

舖好木塊即用重約 4 噸之輕輾壓機輾壓之。木塊間之隙縫用沙填足，用瀝青料注入縫中，上再撒沙一層並完成之。

特性：木塊路之耐久性大，可適任何載重之貨運，路面平光，少塵埃及黏土，安靜而少噪音。其彈性而牽引阻力頗小。然天雨易

滑，吸水易膨脹，夏日易翹起，更因溫度，水分變遷所生之伸縮而使側石不移動。

討論：木塊路常撒佈適量之沙使雨天不滑。夏日常因填縫料或防腐劑之擠出而生黏性，可撒沙以補救之。如有磨損或損壞之木塊，須即換去。有時因氣候久乾而致木塊鬆弛，則洒水以資補救之。近年來，瀝青料較廉，故常於木塊路上加鋪一薄層，其上再撒沙一薄層。此對保養上效力甚著。

第十八章 石塊路(Stone Block Pavements)

定義： 路面由石塊所舖成，下有沙或其他材料之褥層，褥層下爲混凝土路基。

厚度： 石塊層厚 4—5 吋 (10.2—12.7 公分)，褥層 $2\frac{1}{2}$ —3 吋 (6.4—7.1 公分)，混凝土路基厚 8—12 吋 (20.3—30.5 公分)。

路冠： 1:50 (2.00%)

材料： 混凝土路基——普通用 1:3:6 成分之混凝土完成。

褥層—— 用沙或沙與水泥之混合物。沙須堅硬而清潔，直徑均在 $\frac{1}{4}$ 吋 (0.6 公分) 之下，黏土及泥土之量不宜超過百分之五。如用水泥與沙之混合物，則以 1:3 或 1:4 之成分混合而成。

石塊層—— 花崗岩最佳，沙岩次之。其他尚有雜灰岩，石英岩等。石材，質須強韌，折斷強度在每方吋 1600 磅 (112,000 克/平方公分) 以上，組織細密而少雲母，無裂縫，凹凸，且當磨損時其面較粗爲佳。磨損度在重貨運不宜過百分之 3.6，稍輕者不宜過百分之七。韌度試驗，重貨運不宜少於九，稍輕者不宜過七。石塊之大小普通約如下表所示：

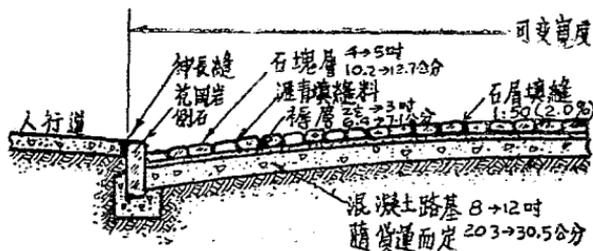
石塊之均勻大小頗爲重要，優良道路之石塊，其寬度不宜有 $\frac{1}{4}$ 吋 (0.6 公分) 之差，厚度不宜有 $\frac{1}{4}$ 或 $\frac{3}{8}$ 吋 (0.6 或 1 公分) 之差，表面之凹凸不宜有 $\frac{1}{4}$ 吋 (0.6 公分) 之差。各邊均須垂直，石之下部較

石塊名稱	頂面長度		頂面寬度		厚 度	
	吋	公分	吋	公分	吋	公分
標準石	8-12	20-31	$3\frac{1}{2}$ - $4\frac{1}{2}$	9-11	$4\frac{3}{4}$ - $5\frac{1}{4}$	12-13
四吋石	7-11	18-28	$4-4\frac{1}{2}$	10-11	$4-4\frac{1}{2}$	10-11
海邊石	6-12	15-31	$3\frac{1}{2}$ - $4\frac{1}{2}$	9-11	$4-4\frac{1}{2}$	10-11
立方石	4-6	10-15	4-6	10-15	4-6	10-15

上部稍小，然每邊不宜有 $\frac{1}{4}$ 吋(0.6公分)之差，為避免過於光滑，故有槽式石塊，為面上有 $\frac{3}{4}$ 吋(2公分)寬，半吋(1.3公分)深之淺槽一條。

填縫料——有片瀝青，瀝青漿，煤青油瀝青漿及水泥漿諸材料。水泥漿中水泥與沙之成分為1:1。瀝青漿為瀝青與沙所成之漿。沙粒須小，全體沙料能通過10號篩孔，且有百分之八十五以上通過20號篩孔者。其黏土與泥土之量不宜多於百分之三。沙佔瀝青漿全體積之百分之四十至五十而瀝青之溫度在一百二十五度左右。煤青油瀝青漿中煤青油(Creosote)之量約佔十分之一。

剖面圖：



第96圖 石塊路

築造法：完成混凝土路基，鋪褥層 (Cushion) 一薄層，鋪好後即鋪石塊，以免雜物之混合。石塊須均勻鋪設，每列石塊寬度相同，其較長之方向與側石垂直，或與側石成對角式排列。交叉點須依對角線平行而設置之。橫向之接縫寬約半吋 (1.3 公分)，縱向接縫各列參差半塊。鋪好後用重搗固器搗固之。如有低沉時，即宜取出後填以褥料。如發現碎石，即予置換。石塊搗固後，撒適量水分，使褥層發生黏性，並可潤濕石塊。然後將石屑填入縫中，深約一半。再澆入填縫料。路面撒沙一層。如用水泥漿作為填縫料時，每日洒水二次或三次，約需十天後，始可通車。如用瀝青料或瀝青漿為填縫料時，需約八小時後，其溫度冷達與空氣相同，始能通車，於三天後，將多餘之沙掃去之。

立方石塊鋪成之路面又名丟拉克斯鋪面 (Durax Pavements)，其褥層多用水泥與沙之 1:1 所成之混合料。石塊之放置多成弓形鋪設，用弓形板校正曲度，此種弓形板長約 4 呎 (1.2 公尺)，中部弓出約 1 呎 (30 公分)。石塊之較大者在中部，二側較小，如此接縫不易成一直線。(見第 97 圖)

石塊路亦有將舊石路之光滑面鑿去，中部切斷，成小塊狀，重鋪褥層，小石塊鋪於其上而完成之。

特性：石塊路面頗為經久耐用，適用於重貨運之區，如貨棧，碼頭等多採用之。花崗岩所鋪成之石塊路，可承受各種貨運，可抵抗硬性物之磨損，然易致光滑，石塊磨損後易成圓面，雜灰岩所成者尤甚。石塊間如應用水泥漿為填縫料時尤滑。沙岩完成之鋪面較

粗糙尚易駐足，石塊塊路面之噪音甚大，且塵埃清除不易，不合衛生。

討論： 石塊路初建時，保養與繕修之工甚少。日久如沙礫層發生移動可翻起石塊，重鋪礫層。發現碎石即予置換。水泥漿填縫料，發生裂縫，即用瀝青料澆注之。瀝青料填縫料在路中心部分經久易向二側流去，一經發現，即用清水洗淨，澆注瀝青料，復鋪沙一層，冷後即可開放交通。



第 97 圖 立 方 石 塊 之 施 工

第十九章 瀝青碎石路 (Bituminous Macadam Pavements)

第一節 灌注瀝青碎石路 (Penetration Macadam)

定義： 灌注瀝青碎石路係以瀝青澆注鋪好之碎石上，使滲入碎石層，作為黏合材料而完成之路面。

厚度： 表面瀝青碎石層厚 $2\frac{1}{2}$ 吋 (6.4 公分)，基層厚 5—8 吋 (12.7—20.3 公分)。

路冠： 1:25 (4.00%)

材料： (一) 基層——多應用水結碎石路，或台福 (Telford) 路基之水結碎石路。有時亦用混凝土或舊碎石為路基。

(二) 碎石——石質堅韌，多角而清潔為佳。花崗岩甚合適。普通碎石分下列五種：

1 直徑自 $1\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{2}$ 吋 (3.8—1.3 公分) 之硬碎石。石屑為半吋 (1.3 公分) 以下。所成路面，孔隙甚少，撒佈瀝青前不宜撒石屑，然可先行輾壓。

2. 直徑自 $2\frac{1}{2}$ —1 吋 (6.4—2.5 公分) 之中等碎石。石屑為 $\frac{3}{4}$ 吋 (1.9 公分) 以下。撒佈瀝青前先撒置石屑，並施輾壓。

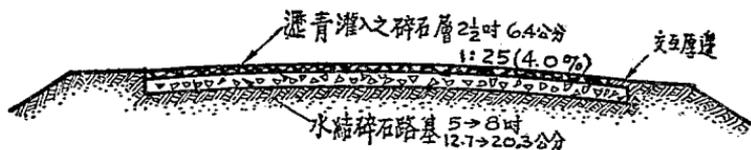
3. 直徑在 $\frac{1}{4}$ 吋 (0.6 公分) 以上之硬石或中等石，由軋石機軋成之碎石。撒佈瀝青前不宜先撒石屑及施輾壓。

4. 直徑約 $2\frac{1}{2}$ 吋 - 1 吋 (6.4 - 2.5 公分) 之均勻碎石，質硬或中等。所成路面甚鬆，撒佈瀝青前可先鋪石屑，並施輾壓。

5. 直徑 $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{8}$ 吋 (1.3 - 0.3 公分) 之小卵石 (pebbles) 可充石屑之用。

(三) 瀝青料。

剖面圖：

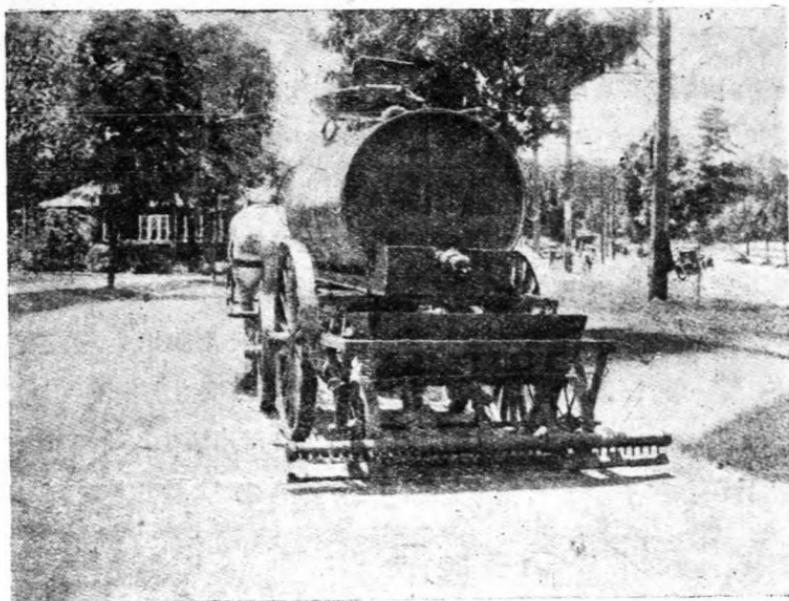


第 98 圖 灌注瀝青碎石路

築造法： 完成路床，建築水結碎石路基，輾壓完成後，施鋪表面層。如應用舊碎石路充作路基時，須打掃乾淨，用水沖洗，填補低窪之處。使成適宜路基。

碎石應均平鋪於基層之上，如碎石質硬而大，為避免應用過量之瀝青，故須先行撒置石屑一層以資填充孔隙，然後輾壓使實。如石質較軟，直徑較小，則路面較密，不宜放置碎石及輾壓，以免瀝青之不易滲入。

瀝青之澆注有用人工及機器二種。人工者，係以瀝青盛於鉛壺中，由長頸之寬嘴洒出，然不易均勻。機器之澆注，普通有二種：一種，利用瀝青之重力而撒佈，往往於油多時，撒佈之量較多，油少時



第 99 圖 重力瀝青澆注器



第 100 圖 壓力瀝青澆注器

較少。然可將機器之速度變遷以資調節。另一種，利用蒸氣壓力而撒佈，油量較為均勻，然費用較大。瀝青撒佈之溫度：須達 300°F (160°C)。第一次澆注瀝青之用量為路面每平方碼用油 $1\frac{1}{2}$ —2加侖（每平方公尺用油6.8—9 磅）。各處均勻澆注。為避免重複起見，常鋪油毛氈於已澆之處。如用人工澆注時，常與側石成斜角方向來回澆注之。澆注後，撒佈石屑 (Chips) 一層，輾壓後重行澆注瀝青一層，其量約為路面每平方碼 $\frac{3}{4}$ 加侖（每平方公尺用油3.4 磅）。重撒石屑一層，輾壓完成適宜路面。亦有應用第三次之瀝青澆注，用油量為路面每平方碼用油 $\frac{1}{2}$ 加侖（每平方公尺用油2.3 磅）。其上鋪沙或石屑一層，重行輾壓而完成之。約隔 12 小時後即可開放交通。

特性： 此種路面之主要黏合力全恃滲入之瀝青。其承受載重係直接傳達於路基上，故缺少彎曲強度，只適宜於輕載少貨運之處。普通二噸以上之車輛已不適用。此種路面建築甚易，費用不昂，且完成路面尚屬清潔美觀。然夏日高溫，瀝青易生黏性，路面易成車轍，為其缺點。

討論： 此種道路之損壞原因多由輾壓不均，油量澆注不勻而起。如有低窪處發現，應即挖去成坑，四周塗以瀝青將拌和瀝青之碎石填足搗固之，其上再撒沙一薄層。即可通行車輛矣。此種道路，面層常受交通之磨損，故約隔二年，須重澆瀝青一層，上鋪沙一層，重行開放交通。

第二節 拌和瀝青碎石路 (Mixed Bituminous Macadam)

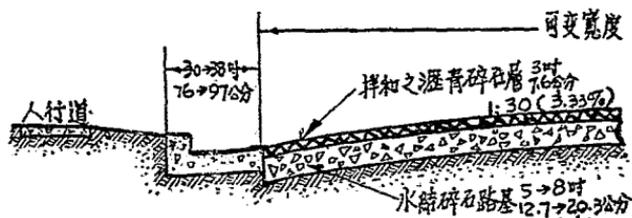
定義： 拌和瀝青碎石路係由拌和瀝青之碎石所完成之路面。

厚度： 瀝青碎石層厚 3 吋 (7.6 公分)，基層厚 5—8 吋 (12.7—20.3 公分)。

路冠： 1:30 (3.33%)。

材料。 基層、碎石及瀝青料，均與灌澆瀝青碎石路相同。

剖面圖：



第101圖 拌和瀝青碎石路

築造法： 路基如應用舊水結碎石路或卵石路者，則路基之表面須填足或翻造與路面完成時之路冠平行。以得均一厚度。新建碎石路或卵石路，完成後輾壓成適宜路冠，亦與最後完成時相平行。

瀝青與碎石分別加熱。碎石加熱達 200°F (95°C)，瀝青達 200°F — 250°F (95° — 120°C)，應用人工或機器拌和之。瀝青之量，為每立方碼之碎石，用油 15—20 加侖 (每立方公尺碎石，用油 75—100 磅)。有時應用搬運式之拌和機，可隨工作進行而移動，頗適實用，

惟容量較小爲其缺點。

拌和瀝青之碎石，普通用手推車或機器車運至路旁，用鏟撒佈於路基上，撒佈時其溫度約達 150°F (65°C)。均勻鋪成適宜厚度，較完成之路面較高。用 8 噸重之縱列或三輪輾壓機輾壓結實。再加瀝青一薄層，其量爲路面每平方碼，用油 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ 加侖（每平方公尺用油 1.5—2.3 呎）。用掃帚或括平法使之均勻。最後用直徑約爲 $\frac{3}{4}$ 吋 (1.9 公分) 之石屑，撒置一薄層，輕施輾壓，使石屑壓入面層瀝青中。

拌和瀝青碎石路之又一種，名油拌碎石路 (Oil Mix Macadam)。係以舊碎石路扒鬆約 2 吋 (5 公分) 之深度，將瀝青基煤油中之中燃油 (medium fuel oil)，撒佈而混合之。油之用量約佔混合物之百分之五。普通路面每平方碼，用油約 $\frac{1}{2}$ 加侖（每平方公尺，用油 2.3 呎）。均勻混合，輾壓而完成之。

特性： 此種碎石路之瀝青混和較爲均勻，寒冷時亦可設置。不易損壞，較爲耐久，然工費較昂，且多需應用機械，建築較慢，爲其缺點。其他特性，與灌注瀝青碎石路相同。

討論： 此種路面常因築造時輾壓不足，或材料之混合不適而致損壞。如發現低窪處，即須掘去成坑，四周塗以瀝青再以成分相同之拌瀝青碎石填足而搗固之。此種路面，約須三年左右，表面重行撒置瀝青一層。

油拌碎石路，須常予修理，如表面之瀝青因磨損而漸少，則翻起重行撒佈中燃油，拌和而搗固之。

第二十章 片瀝青路 (Sheet Asphalt Roads)

第一節 片瀝青路

定義： 片瀝青路係以片瀝青水泥，填充料及沙完成之路面，下有瀝青碎石之結合層與適宜之路基。

厚度： 表面層厚 $1\frac{1}{2}$ 吋 (3.8 公分)，結合層厚 $1\frac{1}{2}$ 吋 (3.8 公分)，路基中部厚 11 吋或 9 吋 (28 公分或 23 公分)，二側漸厚達 14 吋或 12 吋 (35.5 公分或 30.5 公分)。

路冠： 1:80 (1.25%)

材料： 基層——應用 1:3:6, 1:3:4 $\frac{1}{2}$ 或 1:2 $\frac{1}{2}$:5 混合之混凝土基層為最佳。亦有應用黑基層 (Black Base) 者為混凝土中之水泥由瀝青料代替而成。有時應用水結碎石路或卵石路，或由舊磚塊、石塊或混凝土路而成。

結合層 (Binder Course)——為瀝青與碎石及沙混合而成，材料之配合分二種：

1. 開結式 (Open Binder)——由直徑 $\frac{1}{4}$ 吋至 1 吋 (0.6—2.5 公分) 之碎石與 5—8% 之瀝青料及 10—15% 之沙混合而成，碾壓後仍甚鬆散。

2. 閉結式 (Close Binder)——整個重量分析而言，直徑自 $\frac{1}{8}$ —1 吋 (1.3—2.5 公分) 之碎石約佔 15—50%，過 $\frac{1}{8}$ 吋 (1.3 公分)

圓孔而留於第 10 號篩孔者佔 30—60%，過第 10 號篩孔者 15—35%，瀝青料 4.5—7%。碾壓後，甚為緊合。

碎石多由花岡岩，或雜灰岩，或石灰岩等擊碎而成。質以堅硬，清潔為佳。

表面層(Surface Course)由沙，填充料，及瀝青水泥混合而成。

1. 沙——以多角而堅硬，少黏土與泥板岩等雜質。其粗細度，根據佩脫曼(Bateman)氏試驗結果以下列成分為佳：

過 10 號篩孔留於 40 號篩孔者.....35%

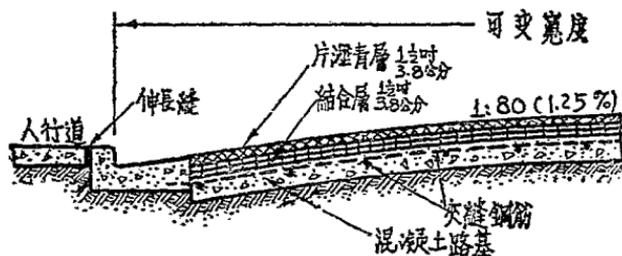
過 40 號篩孔留於 80 號篩孔者.....40%

過 80 號篩孔留於 200 號篩孔者.....25%

2. 填充料——其主要功用在填充沙間之孔隙。故普通均能經過 200 號篩孔，多應用普通水泥(Portland cement)或石粉。石灰岩或石英岩之石粉價廉，然不及水泥之堅固。其量約佔表面層體積之 15%，以使填足表面層而得最大之密度。

3. 瀝青水泥——用量佔表面層材料體積之 15%。

剖面圖：



第 102 圖 片瀝青路

築造法：路基多用混凝土爲之，待其完全硬固，宜卽鋪置結合層。如用黑基層時，可不必鋪置結合層。如用水結碎石路或卵石路時，其上須鋪黑基層。應用舊磚塊或石塊鋪路時，須先洗淨，低窪處用混凝土填補平坦。待硬固後再鋪結合層。

結合層之材料，於溫度 $275^{\circ}-325^{\circ}\text{F}$ ($137^{\circ}-163^{\circ}\text{C}$) 時用混合機混合。如溫度過高，瀝青易被損壞，如溫度過低，則材料不易混合，且撒置時甚感困難。將混好之瀝青與碎石混合物堆於欲鋪之處，用鐵耙扒散，使成均勻鋪層。用三噸重之輾壓機，縱向來回輾壓，由二側漸及中央。完成後，又用八噸輾壓機，或石礮輾壓之。於結合層未冷前須輾壓完成。其速度最大爲每小時 300 平方碼 (250 平方公尺)，以得均勻之輾壓。

表面層之沙，填充料及瀝青料，按預定成分在混合機中混合，其混合時之溫度約達 350°F (177°C) 左右。混合料由小車運送，用鐵鏟撒佈，並用鐵耙扒平之。先用三噸輾壓機輾壓，後用 8 噸或 10 噸之重輾壓機輾壓之。有時於最後輾壓前，撒佈水泥或石粉一層，以使路面平光。

結合層或表面層鋪設工作間斷後，當繼續工作時須先用熱鐵熨燙熱斷處，塗瀝青料一薄層，然後繼續鋪置混合料。

特性：此種路面，常需適量貨運行駛，始能使面層平坦，否則易起趨紋或粗粒狀態。此可由道路二側，車輪不易到達之處見之。然運輸過多，亦易損傷路面狹窄道路常易遇到此種情形。

片瀝青路塵土較小，噪音亦無，有害液體不易吸收，排水亦良，

磨擦抵抗力小，美觀而衛生。惟夏日易軟化，冬日易生裂，維持費甚大。

討論： 此種道路如發生裂縫或低窪之處，則挖掘成坑，四周塗以瀝青水泥，將與原成分之混合料填足而搗固之。使其稍高出四周，以待貨運之壓平。再鋪沙一層即可通行。如破裂甚小，則先洗淨裂縫，乾後用瀝青水泥填足之。路面如發生凹凸或車轍時，常用表面熱機(Surface Heater)，燒熱路面，用鐵耙扒去面層，鋪以瀝青與沙之混合料，再用熱鐵熨燙平之。冷後即可通行。

第二節 瀝青塊路(Asphalt Block Pavements)

定義： 瀝青塊路為瀝青水泥，填充料及粗細粒料所製成之瀝青塊鋪成之路面，下有水泥與沙之褥層，褥層之下有混凝土之路基。

厚度： 基層中部厚 9 吋 (23 公分)，二側厚 12 吋 (30½ 公分)，褥層厚 1—2 吋 (2.5—5 公分)，瀝青塊厚 1¼—3 吋 (3.1—7½ 公分)。

路冠： 1:80(1.25%)

材料： 路基——混凝土路基以 1:3:6 為佳。

褥層——用 1:4 成分之水泥與沙之混合物。

瀝青塊——由粗細粒料，填充料及瀝青水泥製成。粗粒料可用花崗岩，雜灰岩，白雲石等碎石而成。其中直徑小過 ¼ 吋 (0.6 公分) 者，約有 97%，填充料多為石灰岩之粉末，有 90% 過 30 號篩

孔，且至少有 50% 過 200 號篩孔者。瀝青水泥須有適宜稠度。在滲入試驗中，於 77°F(25°C)溫度時，其滲入度為 15—40。瀝青塊之成分分析，以下表所示為佳：

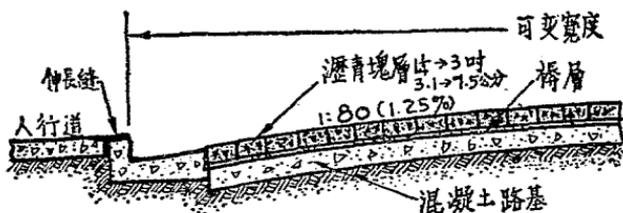
留於 $\frac{1}{4}$ 篩孔者不宜超過	3 %
過 $\frac{1}{4}$ 篩孔，留於 20 號篩孔者	35—60 %
過 20 號篩孔，留於 100 號篩孔者	15—30 %
過 100 號篩孔(包括各種材料)	20—40 %
過 200 號篩孔，不少於	15 %
瀝青料	6.5—10 %

瀝青塊之大小度有下列數種：

種類	長		寬		厚		重	
	吋	公分	吋	公分	吋	公分	磅	公斤
1	12	30.5	5	12.7	2	5.1	11	5
2	12	30.5	5	12.7	1 $\frac{1}{2}$	3.8	13 $\frac{1}{2}$	5.9
3	12	30.5	5	12.7	3	7.6	16	7.2
4	8	20.3	4	10.2	1 $\frac{1}{4}$	3.2	3 $\frac{1}{2}$	1.6

瀝青塊以第一種為標準式樣。其製法為先在加熱器中加熱，入混和機混和，再入水壓機中壓成所需塊狀。所施壓力，每塊約有 240,000—360,000 磅(109,000—163,000 公斤)。

剖面圖：



第103圖 瀝青塊路

築造法： 混凝土路基完成後，鋪褥層一薄層，輕施輾壓後鋪置瀝青塊，鋪置時其長向與側石垂直，每列之橫縫有4吋(10公分)之參差。鋪者站於已鋪完之瀝青塊上，施行鋪設。鋪好數列後用木鎚擊實之。鋪好後，撒佈適量水分，使褥層發生黏性，最後撒佈細沙一層，約隔二週後，褥層硬固，即可開放交通。

特性： 此種路面之光滑度因塊間有縫而較少。且鋪塊之收縮不易發生裂縫。築造簡單，鋪塊易於轉運。然製塊手續甚煩，建築費大，且多塵而難清除，其堅固性不及片瀝青路。

討論： 此種路面，常用瀝青料注於裂縫處。夏季發生黏性時，常撒薄沙一層以資補救。沿側石及窰井邊之處，常鋪瀝青料以防雨水之侵入路床。

第二十一章 瀝青混凝土路 (Asphaltic Concrete Roads)

定義： 瀝青混凝土路為瀝青水泥，粗細粒料及填充料之混合物所完成之路面。

厚度： 混凝土路基厚 12-9-12 吋或 14-11-14 吋 (30.5-22.8-30.5 或 33.5-28-33.5 公分)。瀝青混凝土路面層厚 2 吋至 3 吋 (5-7½ 公分)。

路冠： 1:80 或 1:60 (1.25% 或 1.67%)

材料： 路基——用 1:3:6 之普通水泥混凝土 (Portland cement concrete)。有時亦用碎石路或卵石路，或用瀝青代替混凝土中之水泥所完成之黑基層 (Black Base)。

表面層——瀝青混凝土材料：

1. 粗粒料——由花崗岩，雜灰岩及較硬之石灰石等之碎石，石質須堅強而不易磨滅壓碎。石灰岩易於吸水，且易為車輪壓碎故應用較少。卵石之表面光滑亦不適用。然為減低成本起見，有時亦應用之。爐滓須重每立方呎 75 磅 (每立方公尺 1200 公斤) 者用之。

2. 細粒料——清潔而少有機物，黏土等雜質之硬沙。

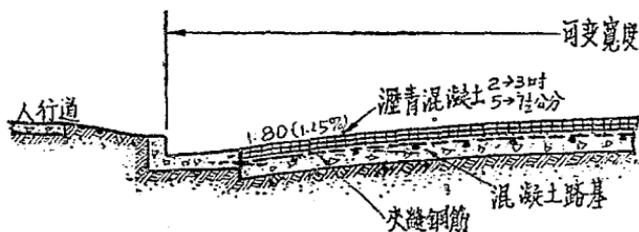
3. 填充料——多能經過第 200 篩孔之水泥或石粉。

4. 黏合料——瀝青水泥。

混合之成分普通分三類：

成分 % 分類	材 料			
	粗 粒 料	細 粒 料	填 充 料	瀝 青 水 泥
全為粗粒料	93-95	—	—	5-7
粗粒料較多之混合物	45-60	25-45	3-5	6-8
細粒料較多之混合物	25-35	45-60	6-12	7-10

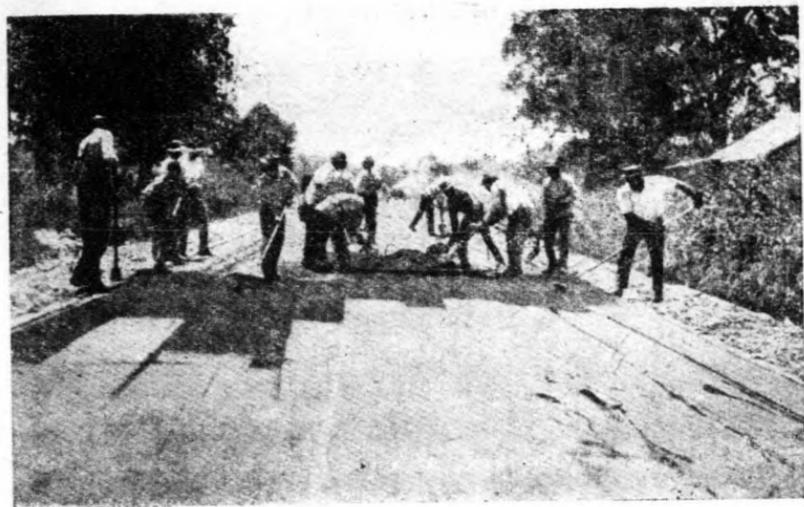
剖面圖



第104圖 瀝青混凝土路

築造法： 混凝土路基舖成後，用搗固器搗固之。有時用粗粒料，直徑在 $1\frac{1}{2}$ 吋 (3.8 公分) 左右者，舖於混凝土路基上，將其一半搗入混凝土中，突出上半部與表面層可發生鈎合作用。有時於混凝土未硬固前掃去面層之水泥與細粒料，使之面部粗糙，發生鈎合作用。以上二法中前法易致減少表面層之有效厚度，故以後法為佳。

表面層之各種材料分別加熱，依各種材料之成分，約在 300°F (150°C) 左右，置於混合機中混合之。均勻混合後用手車，輸送至工作地點，堆於路基上，用鏟撒置，用耙扒平之。舖達適宜厚度，用 8 噸或 10 噸之輾壓機往返輾壓，由路側漸達中部，一次輾壓後，撒



第 103 圖 瀝青混凝土路之施工

佈水泥或瀝青水泥於路表面層上一薄層，再舖豆粒狀石屑一薄層，繼續輾壓結實之。

特性： 此種路面，富彈性，無噪音，少塵灰，易清除，且耐久經用，能承受各種貨運。此種路面更有一特點與片瀝青路相似，即需適量之貨運行駛，始能保持表面層之光平。

此種路面，建築費用甚大，夏日天熱易致軟化，而生車轍。冬日易生裂縫，雨天易致溜滑為其缺點。

討論： 瀝青混凝土路面須常加瀝青水泥一薄層以資保養。如發生低陷或裂縫之處，則切去成方形之坑，打掃清潔，四周塗以瀝青水泥，用同等材料填足搗固之，其面層再加瀝青一薄層，撒沙再

行搗固之。如發生車轍或裂紋時則用表面熱機，燒熱路面 扒去舊料；或用鐵十字鎬鑿去面層後，將瀝青與沙之混料鋪一薄層，用熱熨燙平之。

第二十二章 道路路面式樣之選擇

各式路面之特性與築造法既如前述，其選擇之適當與否，自屬緊要。然選擇之標準，又隨各種情形而異。茲就各種選擇之考慮點，分別予以分析，以供選擇時之參考。

第一節 經濟之攷慮

道路之建築費用，視當地之材料與人工之代價而異。築成後之保養費用與運輸成本，亦隨各種路面材料與當地情形而異。車輛之燃料用量，車輛本身之損壞度，均與運輸成本有關。此等費用之估計頗難。當選擇路面式樣時，各種式樣之建築費，保養費與運輸成本均須比較。以求築造費，保養費及運輸成本最低為原則。

第二節 貨運之攷慮

各種道路，能承受貨運之多寡，隨各種路面及貨運情形而異。貨運集中於數車線時，則集中部分，易於損壞。如道路貨運較勻，且有良好之施工與養路者，據佩脫曼(Bateman)氏之實驗結果，各種路面能承受之貨運如下表所示：

路 面 種 類	每 24 小時 之 車 輛 數
天 然 土 路	200
沙 土 路	350
卵 石 路	750
水 結 碎 石 路	2500

重貨運之處，普通常用磚塊或石塊之鋪面。

第三節 耐久性之攷慮

道路能在良好保養下，仍能適用者，其有效時間亦隨各種路面而異。據佩脫曼氏調查結果，一般道路在最大運輸量時，其壽命如下表所示：

路 面 種 類	壽 命 (年)
沙土路	5
卵石路	6
水結碎石路	10
瀝青碎石路	10
混凝土路	18
瀝青混凝土路(混凝土路基)	20
片瀝青路(混凝土路基)	20
磚塊路	20
木塊路	25
石塊路(花崗岩)	25

第四節 交通安全性之攷慮

道路須能適合交通之需要，使步行舒適，車輛平穩，及動物駐足良好者為佳。普通道路，常受氣候之影響，其安全性亦有差別。如木塊路面，常因天雨而致過於光滑、Slipperiness)，瀝青路面，常因氣候過熱，而致軟化生黏。故視各路面之特性，而安全性亦異。道路

於斜坡之處，尤宜注意。為避免溜滑作用起見，常用磚塊砌成，磚間並用瀝青料作為填縫料。

第五節 取材之攷慮

道路材料之獲得(Availability)亦為決定路面之主要因素，就地取材，實為要則。然材料之質與量，均須注意。未經查驗合格之材料不能採用。沙，卵石及碎石材料各處易得，故鄉村道路均多應用。磚塊或木塊等材料，常受運價之限制，故應用不多。

第六節 美觀之攷慮

道路之美觀(Appearance)，在城市街道或風景區之道路甚為重要。其色澤最好能與路側房屋，或其他物品調和。住宅區或商業區，多應用灰色之瀝青混凝土路。片瀝青路與瀝青碎石路。公園，多用混凝土路，使與路側樹木，花草等所調和。寬廣道路，常用木塊路面以資美觀。再者，為使行人與駕駛員之目光舒適起見，道路宜力避反射強陽光者為佳。

第七節 清除污物之攷慮

路面如清除容易，不但增進美觀，且可使城市之公共衛生亦得改進。塵埃較多之路面，如土路，沙土路，卵石路及碎石路等，不但掃除不易，且車輛之損壞亦易，修理費用必增。再者，塵埃飛揚有阻駕駛車輛者之視線，其危險性當必增大。塊面路，如填縫料不佳，則

污物流入路面，而起腐蝕作用，不但有損路面，更易發生臭氣，頗不衛生。瀝青料之路面，清除較易，故城市中應用者日衆。

第八節 噪音之攷慮

路面之噪音(Noise)發生，視各路面材料而異。建築區域如有特殊需要，不能應用噪音過大之路面。醫院，學校，辦公處及住宅區附近，不宜用噪音過大之路面。瀝青料之路面，噪音甚少，故應用者甚爲合宜。

第九節 現有式樣之攷慮

道路之式樣，在一城市中不宜過多，以使保養修繕築造，改良之工簡省。故城市中最好均用一種路面，然因原料之供給者常易統制故造價昂。在選擇路面式樣時，須將現有路面式樣，予以考慮，再行決定新式樣。最好一城市中，有二種式樣爲佳。使互相競爭，築造費用不致過昂，同時保養及修繕之工及機器，組織均可簡單。

第十節 結 語

道路式樣選擇時，應予考慮各點，既如前述。故未決定式樣時，須就經濟能力材料獲得，貨運需要予以考慮後，再就各種路面之特性分別研究比較，務使適合當地情形爲至要。使可收最經濟，最美觀，最實用之效用。

附表一 曲線之半徑

度分	0°		1°		2°		3°		度分
	半徑	Log R							
0	∞	∞	5729.7	3.758128	2884.9	3.457115	1910.1	3.281051	0
1	543775	5.536274	5635.7	3.750950	2841.8	3.453511	1899.5	3.278645	1
2	171837	5.235244	5444.8	3.743883	2813.0	3.449937	1889.1	3.276258	2
3	114592	5.059153	5456.8	3.736939	2795.1	3.446392	1878.8	3.273874	3
4	85944	4.934214	5371.6	3.730100	2772.5	3.442876	1868.6	3.271508	4
5	68755	4.837304	5288.9	3.723367	2750.4	3.439388	1858.5	3.269155	5
6	57296	4.758123	5200.8	3.716737	2728.5	3.435928	1848.5	3.266814	6
7	48111	4.691176	5131.0	3.710206	2707.0	3.432495	1838.6	3.264486	7
8	42972	4.633184	5055.6	3.703772	2685.9	3.429089	1828.8	3.262170	8
9	38197	4.582031	4982.3	3.697432	2665.1	3.425710	1819.1	3.259867	9
10	34377	4.536274	4911.2	3.691183	2644.6	3.422356	1809.6	3.257576	10
11	31252	4.494881	4842.0	3.685023	2624.4	3.419029	1800.1	3.255296	11
12	28648	4.457093	4774.7	3.678949	2604.5	3.415727	1790.7	3.253029	12
13	26444	4.422331	4709.3	3.672959	2584.9	3.412449	1781.5	3.250774	13
14	24555	4.390146	4645.7	3.667051	2565.6	3.409197	1772.3	3.248530	14
15	22918	4.360183	4583.8	3.661221	2546.6	3.405968	1763.2	3.246297	15
16	21485	4.332154	4523.4	3.655469	2527.9	3.402763	1754.2	3.244077	16
17	20222	4.305825	4464.7	3.649792	2509.5	3.399582	1745.3	3.241867	17
18	19099	4.281002	4407.5	3.644189	2491.3	3.396424	1736.5	3.239669	18
19	18093	4.257521	4351.7	3.638656	2473.4	3.393289	1727.8	3.237481	19
20	17189	4.235244	4297.3	3.633194	2455.7	3.390176	1719.1	3.235305	20
21	16370	4.214055	4244.2	3.627799	2438.3	3.387085	1710.6	3.233140	21
22	15626	4.193852	4192.5	3.622470	2421.1	3.384016	1702.1	3.230985	22
23	14947	4.174547	4142.0	3.617206	2404.2	3.380969	1693.7	3.228841	23
24	14324	4.156064	4092.7	3.612005	2387.5	3.377943	1685.4	3.226707	24
25	13751	4.138335	4044.5	3.606866	2371.0	3.374938	1677.2	3.224584	25
26	13222	4.121302	3997.5	3.601787	2354.8	3.371954	1669.1	3.222472	26
27	12732	4.104911	3951.5	3.596766	2338.8	3.368990	1661.0	3.220369	27
28	12278	4.089117	3906.6	3.591803	2323.0	3.366046	1653.0	3.218277	28
29	11854	4.073877	3862.7	3.586896	2307.4	3.363122	1645.1	3.216194	29
30	11459	4.059154	3819.8	3.582044	2292.0	3.360217	1637.3	3.214122	30
31	11090	4.044914	3777.9	3.577245	2276.8	3.357333	1629.5	3.212060	31
32	10743	4.031195	3736.9	3.572499	2261.9	3.354466	1621.8	3.210007	32
33	10417	4.017762	3696.6	3.567804	2247.1	3.351618	1614.2	3.207964	33
34	10111	4.004797	3657.3	3.563160	2232.5	3.348789	1606.7	3.205930	34
35	9822.2	3.992208	3618.8	3.558564	2218.1	3.345979	1599.2	3.203906	35
36	9549.3	3.979973	3581.1	3.554017	2203.9	3.343187	1591.8	3.201892	36
37	9291.3	3.968074	3544.2	3.549517	2189.8	3.340412	1584.5	3.199886	37
38	9046.7	3.956493	3508.0	3.545053	2176.0	3.337655	1577.2	3.197890	38
39	8814.8	3.945212	3472.6	3.540634	2162.3	3.334915	1570.0	3.195903	39
40	8594.4	3.934216	3437.9	3.536269	2148.8	3.332193	1562.9	3.193925	40
41	8384.8	3.923493	3403.8	3.531968	2135.4	3.329488	1555.8	3.191956	41
42	8185.2	3.913027	3370.5	3.527690	2122.3	3.326799	1548.8	3.189996	42
43	7994.6	3.902808	3337.7	3.523453	2109.2	3.324127	1541.9	3.188045	43
44	7813.1	3.892824	3305.7	3.519257	2096.4	3.321471	1535.0	3.186103	44
45	7639.5	3.883055	3274.2	3.515101	2083.7	3.318832	1528.2	3.184169	45
46	7473.4	3.873519	3243.3	3.510988	2071.1	3.316208	1521.4	3.182244	46
47	7314.4	3.864179	3213.0	3.506908	2058.7	3.313600	1514.7	3.180327	47
48	7162.0	3.855036	3183.2	3.502863	2046.5	3.311008	1508.1	3.178419	48
49	7015.9	3.846082	3154.0	3.498866	2034.4	3.308431	1501.5	3.176519	49
50	6875.6	3.837308	3125.4	3.494900	2022.4	3.305869	1495.0	3.174627	50
51	6740.7	3.828708	3097.2	3.490970	2010.6	3.303323	1488.5	3.172744	51
52	6611.1	3.820275	3069.6	3.487075	1999.9	3.300791	1482.1	3.170868	52
53	6486.4	3.812002	3042.4	3.483215	1989.3	3.298274	1475.7	3.169001	53
54	6366.3	3.803885	3015.7	3.479389	1978.9	3.295771	1469.4	3.167142	54
55	6250.5	3.795916	2989.5	3.475596	1968.6	3.293283	1463.2	3.165291	55
56	6138.9	3.788091	2963.7	3.471836	1958.5	3.290809	1457.0	3.163447	56
57	6031.2	3.780404	2938.4	3.468109	1948.4	3.288349	1450.8	3.161612	57
58	5927.2	3.772851	2913.5	3.464413	1938.5	3.285902	1444.7	3.159784	58
59	5826.8	3.765427	2889.0	3.460749	1928.7	3.283470	1438.7	3.157963	59
60	5729.7	3.758128	2864.9	3.457115	1919.1	3.281051	1432.7	3.156151	60

附表一 曲線之半徑(續)

度 分	4°		5°		6°		7°		度 分
	半徑	Log R							
0	1432.7	3.156151	1146.3	3.059290	955.37	2.980170	819.02	2.913265	0
1	1426.7	154346	1142.5	057846	952.72	978966	817.08	912263	1
2	1420.8	152548	1138.7	056407	950.09	977766	815.14	911234	2
3	1415.0	150758	1134.9	054972	947.48	976569	813.22	910208	3
4	1409.2	148975	1131.2	053542	944.88	975375	811.30	909183	4
5	1403.5	147200	1127.5	052116	942.29	974185	809.40	908162	5
6	1397.8	3.145431	1123.8	3.050896	939.72	2.972998	807.50	2.907142	6
7	1392.1	143670	1120.2	049280	937.16	971814	805.61	906125	7
8	1386.5	141916	1116.5	047868	934.62	970633	803.73	905111	8
9	1380.9	140169	1112.9	046462	932.09	969456	801.86	904098	9
10	1375.4	138430	1109.3	045059	929.57	968282	800.00	903089	10
11	1369.9	3.135697	1105.8	3.043662	927.07	2.967111	798.14	2.902081	11
12	1364.5	134971	1102.2	042268	924.58	965949	796.30	901076	12
13	1359.1	133251	1098.7	040880	922.10	964778	794.46	900073	13
14	1353.8	131539	1095.2	039495	919.64	963615	792.63	899073	14
15	1348.4	129833	1091.7	038115	917.19	962458	790.81	898074	15
16	1343.2	3.128134	1088.3	3.036740	914.75	2.961303	789.00	2.897078	16
17	1338.0	126442	1084.8	035368	912.33	960150	787.20	896085	17
18	1332.8	124756	1081.4	034002	909.92	959001	785.40	895094	18
19	1327.6	123077	1078.1	032639	907.52	957855	783.62	894104	19
20	1322.5	121404	1074.7	031281	905.13	956711	781.84	893114	20
21	1317.5	3.119738	1071.3	3.029927	902.76	2.955571	780.07	2.892133	21
22	1312.4	118076	1068.0	028577	900.41	954434	778.31	891151	22
23	1307.4	116424	1064.7	027231	898.05	953300	776.55	890171	23
24	1302.5	114777	1061.4	025890	895.71	952168	774.81	889193	24
25	1297.6	113136	1058.2	024552	893.39	951040	773.07	888217	25
26	1292.7	3.115101	1054.9	3.023219	891.07	2.949915	771.34	2.887244	26
27	1287.9	109872	1051.7	021890	888.77	948792	769.61	886272	27
28	1283.1	108249	1048.5	020565	886.49	947673	767.90	885303	28
29	1278.3	106632	1045.3	019244	884.21	946558	766.19	884338	29
30	1273.6	105022	1042.1	017927	881.95	945442	764.49	883371	30
31	1268.9	3.103417	1039.0	3.016614	879.69	2.944331	762.80	2.882409	31
32	1264.2	101818	1035.9	015305	877.45	943223	761.11	881448	32
33	1259.6	100225	1032.8	013999	875.22	942118	759.43	880490	33
34	1255.0	098638	1029.7	012698	873.00	941015	757.76	879534	34
35	1250.4	097057	1026.6	011401	870.79	939916	756.10	878580	35
36	1245.9	3.095481	1023.5	3.010107	868.60	2.938819	754.44	2.877627	36
37	1241.4	093912	1020.5	008818	866.41	937725	752.80	876675	37
38	1236.9	092347	1017.5	007532	864.24	936633	751.16	875730	38
39	1232.5	090789	1014.5	006250	862.07	935545	749.52	874784	39
40	1228.1	089236	1011.5	004972	859.92	934459	747.89	873840	40
41	1223.7	3.087688	1008.6	3.003698	857.78	2.933376	746.27	2.872798	41
42	1219.4	086147	1005.8	002427	855.65	932295	744.66	871959	42
43	1215.1	084610	1002.7	3.001160	853.53	931218	743.06	871021	43
44	1210.8	083079	999.76	2.999897	851.42	930142	741.46	870086	44
45	1206.6	081553	996.87	998637	849.32	929070	739.86	869152	45
46	1202.4	3.080033	993.99	2.997381	847.23	2.928000	738.28	2.868221	46
47	1198.2	078518	991.13	996129	845.15	926933	736.70	867291	47
48	1194.0	077009	988.28	994880	843.08	925869	735.13	866363	48
49	1189.9	075504	985.45	993635	841.02	924807	733.56	865438	49
50	1185.8	074005	982.64	992393	838.97	923747	732.01	864514	50
51	1181.7	3.072511	979.84	2.991155	836.93	2.922691	730.45	2.863593	51
52	1177.7	071022	977.06	989921	834.90	921637	728.91	862673	52
53	1173.6	069538	974.23	988690	832.89	920585	727.37	861755	53
54	1169.7	068059	971.54	987463	830.88	919536	725.84	860840	54
55	1165.7	066585	968.81	986239	828.88	918489	724.31	859926	55
56	1161.8	3.065116	966.09	2.985018	826.89	2.917446	722.79	2.859014	56
57	1157.9	063653	963.39	983801	824.91	916404	721.28	858104	57
58	1154.0	062194	960.70	982587	822.93	915355	719.77	857196	58
59	1150.1	060740	958.02	981377	820.97	914329	718.27	856290	59
60	1146.3	059290	955.37	980170	819.02	913295	716.78	855385	60

附表一 曲線之半徑 (續)

度 分	8°		9°		10°		11°		度 分
	半徑	Log R							
0	716.78	2.855385	637.27	2.804327	573.69	2.758874	521.67	2.717397	0
1	715.29	2.854483	636.10	2.803525	572.73	2.757953	520.88	2.716742	1
2	713.81	2.853583	634.93	2.802724	571.78	2.757232	520.10	2.716083	2
3	712.33	2.852684	633.76	2.801926	570.84	2.756513	519.32	2.715424	3
4	710.87	2.851787	632.60	2.801128	569.90	2.755795	518.54	2.714761	4
5	709.40	2.850892	631.44	2.800332	568.96	2.755079	517.76	2.714100	5
6	707.94	2.849999	630.29	2.799538	568.02	2.754364	516.99	2.713479	6
7	706.49	2.849108	629.14	2.798745	567.09	2.753649	516.21	2.712893	7
8	705.05	2.848218	627.99	2.797953	566.16	2.752936	515.44	2.712311	8
9	703.61	2.847331	626.86	2.797163	565.23	2.752225	514.69	2.711733	9
10	702.18	2.846445	625.71	2.796374	564.31	2.751514	513.91	2.711181	10
11	700.75	2.845562	624.58	2.795587	563.38	2.750804	513.15	2.710624	11
12	699.33	2.844679	623.45	2.794801	562.47	2.750096	512.38	2.709956	12
13	697.91	2.843799	622.32	2.794017	561.56	2.749389	511.63	2.709293	13
14	696.50	2.842921	621.20	2.793234	560.64	2.748683	510.87	2.708631	14
15	695.09	2.842044	620.09	2.792453	559.73	2.747978	510.11	2.707968	15
16	693.70	2.841169	618.97	2.791673	558.82	2.747274	509.36	2.707307	16
17	692.30	2.840296	617.87	2.790894	557.92	2.746572	508.61	2.706637	17
18	690.91	2.839424	616.76	2.790117	557.02	2.745870	507.86	2.705974	18
19	689.53	2.838555	615.68	2.789341	556.12	2.745170	507.12	2.705310	19
20	688.16	2.837687	614.58	2.788566	555.23	2.744471	506.38	2.704643	20
21	686.78	2.836821	613.47	2.787793	554.34	2.743773	505.64	2.703977	21
22	685.42	2.835956	612.38	2.787021	553.45	2.743076	504.90	2.703322	22
23	684.06	2.835093	611.30	2.786251	552.56	2.742380	504.16	2.702658	23
24	682.70	2.834232	610.21	2.785482	551.68	2.741686	503.42	2.701994	24
25	681.35	2.833373	609.14	2.784714	550.80	2.740992	502.69	2.701322	25
26	680.00	2.832515	608.06	2.783948	549.92	2.740300	501.96	2.700671	26
27	678.67	2.831660	606.99	2.783183	549.05	2.739608	501.23	2.700020	27
28	677.34	2.830805	605.93	2.782420	548.17	2.738916	500.51	2.699364	28
29	676.01	2.829953	604.86	2.781657	547.30	2.738229	499.78	2.698722	29
30	674.69	2.829102	603.80	2.780897	546.44	2.737541	499.06	2.698054	30
31	673.37	2.828253	602.75	2.780137	545.57	2.736854	498.34	2.697397	31
32	672.06	2.827405	601.70	2.779379	544.71	2.736168	497.62	2.696731	32
33	670.75	2.826560	600.65	2.778622	543.86	2.735484	496.91	2.696076	33
34	669.45	2.825715	599.61	2.777867	543.00	2.734800	496.19	2.695423	34
35	668.15	2.824873	598.57	2.777112	542.15	2.734116	495.48	2.694769	35
36	666.86	2.824032	597.53	2.776360	541.30	2.733436	494.77	2.694107	36
37	665.57	2.823193	596.50	2.775608	540.45	2.732756	494.07	2.693457	37
38	664.29	2.822355	595.47	2.774858	539.61	2.732077	493.36	2.692805	38
39	663.01	2.821519	594.44	2.774109	538.76	2.731398	492.65	2.692155	39
40	661.74	2.820685	593.42	2.773361	537.92	2.730721	491.96	2.691506	40
41	660.47	2.819852	592.40	2.772615	537.09	2.730045	491.26	2.690859	41
42	659.21	2.819021	591.38	2.771870	536.25	2.729370	490.56	2.690212	42
43	657.95	2.818191	590.37	2.771126	535.42	2.728696	489.86	2.689563	43
44	656.69	2.817363	589.36	2.770383	534.59	2.728023	489.17	2.688914	44
45	655.45	2.816537	588.36	2.769642	533.77	2.727351	488.48	2.688265	45
46	654.20	2.815712	587.36	2.768902	532.94	2.726681	487.79	2.687616	46
47	652.96	2.814889	586.36	2.768164	532.12	2.726011	487.10	2.686967	47
48	651.73	2.814067	585.36	2.767426	531.30	2.725342	486.42	2.686308	48
49	650.50	2.813247	584.37	2.766690	530.49	2.724674	485.73	2.685639	49
50	649.27	2.812428	583.38	2.765955	529.67	2.724008	485.05	2.684958	50
51	648.05	2.811611	582.40	2.765221	528.86	2.723342	484.37	2.684279	51
52	646.84	2.810796	581.42	2.764489	528.05	2.722677	483.69	2.683570	52
53	645.63	2.809982	580.44	2.763758	527.25	2.722014	483.02	2.682853	53
54	644.42	2.809169	579.47	2.763028	526.44	2.721351	482.34	2.682137	54
55	643.22	2.808358	578.49	2.762299	525.64	2.720689	481.67	2.681421	55
56	642.02	2.807549	577.53	2.761572	524.84	2.720029	481.00	2.680706	56
57	640.83	2.806741	576.55	2.760845	524.05	2.719370	480.33	2.680000	57
58	639.64	2.805935	575.60	2.760120	523.25	2.718711	479.67	2.679293	58
59	638.45	2.805130	574.64	2.759397	522.46	2.718054	479.00	2.678587	59
60	637.27	2.804327	573.69	2.758674	521.67	2.717397	478.34	2.677935	60

附表一 曲線之半徑(續)

度	半徑	Log R	度	半徑	Log R	度	半徑	Log R	度	半徑	Log R	
12°	478.34	2.679735	14°	410.28	2.613076	16°	359.26	2.555415	21°	274.37	2.438337	
	2477.02	.678535		2409.31	.612049		5357.42	.553173		10272.23	.434943	
	4475.71	.677338		4408.34	.611023		10355.59	.550944		20270.13	.431579	
	6474.40	.676145		6407.38	.610000		15353.77	.548726		30268.06	.428235	
	8473.10	.674954		8406.42	.608980		20351.98	.546519		40266.02	.424921	
	10471.81	.673767		10405.47	.607962		25350.21	.544324		50264.02	.421633	
	12470.53	.672584		12404.53	.606946		30348.45	.542140	22°	262.04	2.419371	
	14469.25	.671403		14403.58	.605933		35346.71	.539968		10260.10	.416134	
	16467.98	.670226		16402.65	.604923		40344.99	.537806		20258.18	.411942	
	18466.72	.669052		18401.71	.603914		45343.29	.535655		30256.29	.408784	
	20465.46	.667881		20400.78	.602908		50341.60	.533516		40254.43	.405571	
	22464.21	.666713		22399.86	.601905		55339.93	.531386		50252.60	.402431	
	24462.97	.665549		24398.94	.600904	17°	338.27	2.529268	23°	250.79	2.399315	
	26461.73	.664388		26398.02	.599905		5336.64	.527160		10249.01	.396222	
	28460.50	.663229		28397.11	.598908		10335.01	.525062		20247.26	.393115	
	30459.28	.662074		30396.20	.597914		15333.41	.522975		30245.53	.390103	
	32458.06	.660922		32395.30	.596922		20331.82	.520898		40243.82	.387077	
	34456.85	.659773		34394.40	.595933		25330.24	.518831		50242.14	.384073	
	36455.65	.658628		36393.50	.594945		30328.68	.516774	24°	240.49	2.381091	
	38454.45	.657485		38392.61	.593960		35327.13	.514727		10240.85	.378130	
	40453.26	.656345		40391.72	.592978		40325.60	.512690		20239.24	.375190	
	42452.07	.655208		42390.84	.591997		45324.09	.510662		30237.65	.372270	
	44450.89	.654075		44389.96	.591019		50322.50	.508645		40236.08	.369371	
	46449.72	.652944		46389.08	.590043		55321.10	.506636		50234.54	.366492	
	48448.56	.651816		48388.21	.589069	18°	319.62	2.504638	25°	231.01	2.363633	
	50447.40	.650691		50387.34	.588097		5318.16	.502647		10228.55	.355173	
	52446.24	.649570		52386.48	.587128		10316.71	.500668	26°	222.27	2.346892	
	54445.09	.648451		54385.62	.586161		15315.28	.498697		30221.18	.343755	
	56443.95	.647335		56384.77	.585196		20313.86	.496736	27°	214.18	2.330735	
	58442.81	.646221		58383.91	.584233		25312.45	.494783		30210.35	.327967	
	13°	441.68	2.645111	15°	383.06	2.583272	30	311.06	2.492838	28°	206.68	.315295
	2440.56	.644004		2382.22	.582314		35309.67	.490904		30203.13	.307754	
	4439.44	.642899		4381.38	.581357		40308.30	.488978	29°	199.70	2.300370	
	6438.33	.641799		6380.54	.580403		45306.95	.487061		30196.38	.293108	
	8437.22	.640699		8379.71	.579451		50305.60	.485152	30°	193.19	.285974	
	10436.12	.639603		10378.89	.578501		55304.27	.483252		30190.09	.278963	
	12435.02	.638510		12378.05	.577553	19°	302.94	2.481361	31°	187.10	2.272071	
	14433.93	.637419		14377.23	.576608		5301.63	.479478		32	181.40	.258622
	16432.84	.636331		16376.41	.575664		10300.33	.477603		33	176.05	.245623
	18431.76	.635246		18375.60	.574722		15299.04	.475736	34	171.02	.233035	
	20430.69	.634164		20374.79	.573783		20297.77	.473878		35	166.28	.220828
	22429.62	.633085		22373.98	.572845		25296.50	.472028	36	161.80	2.209193	
	24428.56	.632008		24373.17	.571910		30295.25	.470186		37	157.58	.197494
	26427.50	.630934		26372.37	.570977		35294.00	.468352		38	153.58	.186328
	28426.44	.629863		28371.57	.570045		40292.77	.466526		39	149.79	.175475
	30425.40	.628794		30370.78	.569116		45291.55	.464708		40	146.19	.164818
	32424.35	.627728		32369.99	.568189		50290.33	.462897	41	142.77	2.154245	
	34423.32	.626664		34369.20	.567264		55289.13	.461095		42	139.52	.144841
	36422.28	.625604		36368.42	.566340	20°	287.94	2.459300		43	136.43	.134995
	38421.26	.624546		38367.64	.565419		5286.76	.457512		44	133.47	.125395
	40420.23	.623490		40366.86	.564500		10285.58	.455733		45	130.66	.117430
	42419.22	.622437		42366.09	.563583		15284.42	.453960	46	127.97	2.107082	
	44418.20	.621387		44365.31	.562667		20283.27	.452195		47	125.39	.098270
	46417.19	.620339		46364.55	.561754		25282.12	.450438		48	122.93	.089657
	48416.19	.619294		48363.78	.560842		30280.99	.448688		49	120.57	.081243
	50415.19	.618251		50363.02	.559933		35279.86	.446945		50	118.31	.073022
	52414.20	.617211		52362.26	.559026		40278.75	.445209		51	116.06	2.057129
	54413.21	.616173		54361.51	.558120		45277.64	.443480		52	113.93	.041923
	56412.23	.615138		56360.76	.557216		50276.54	.441759		53	111.90	.027361
	58411.25	.614106		58360.01	.556315		55275.45	.440044		54	109.99	.013989
14°	410.28	2.613076	16°	359.26	2.555415	21°	274.37	2.438337	60	100.00	2.000000	

附表二 標準制與英美制單位互換表

(甲)標準制

1 公里(km) = 10 公引 = 100 公丈 = 1000 公尺

1 公尺(m) = 100 公分 = 1000 公釐 = 0.001 公里

1 平方公里(km²) = 100 平方公引(公頃)
= 10000 平方公丈(公畝) = 1000000 平方公尺

1 平方公尺(m²) = 100 平方公寸 = 10000 平方公分

1 立方公尺(m³) = 1000 立方公寸(公升)
= 1000000 立方公分

1 公斤(kg) = 10 公兩 = 100 公錢 = 1000 公分

1 公噸(ton) = 10 公擔 = 100 公衡 = 1000 公斤

(乙)英美制

1 碼 = 3 呎 = 36 吋

1 呎 = 12 吋

1 平方碼 = 9 平方呎 = 1296 平方吋

1 平方呎 = 144 平方吋

1 立方碼 = 27 立方呎 = 46656 立方吋

1 立方呎 = 1728 立方吋

1 英噸(大噸) = 2240 磅

1 小噸 = 2000 磅

(丙)由標準制化英美制

1 公分(cm) = 0.393708 吋

$$1 \text{ 公尺(m)} = 3.2809 \text{ 呎} = 1.09363 \text{ 碼}$$

$$1 \text{ 平方公分(cm}^2\text{)} = 0.15501 \text{ 平方吋}$$

$$1 \text{ 平方公尺(m}^2\text{)} = 10.7643 \text{ 平方呎} = 1.196 \text{ 平方碼}$$

$$1 \text{ 立方公分(cm}^3\text{)} = 0.06103 \text{ 立方吋}$$

$$1 \text{ 立方公尺(m}^3\text{)} = 35.3166 \text{ 立方呎} = 1.3080 \text{ 立方碼}$$

$$1 \text{ 公斤(kg)} = 2.20462 \text{ 磅}$$

$$1 \text{ 公噸(ton)} = 0.984206 \text{ 英噸}$$

$$1 \text{ 公斤/公尺(kg/m)} = 0.6719 \text{ 磅/呎}$$

$$1 \text{ 公斤/平方公尺(kg/m}^2\text{)} = 0.2048 \text{ 磅/平方呎}$$

$$1 \text{ 公斤/平方公分(kg/cm}^2\text{)} = 14.223 \text{ 磅/平方吋}$$

$$1 \text{ 公斤/立方公尺(kg/m}^3\text{)} = 0.06242 \text{ 磅/立方呎}$$

$$1000 \text{ 公斤/平方公分(kg/cm}^2\text{)} = 6.35 \text{ 英噸/平方吋}$$

$$1000 \text{ 公斤/平方公尺(kg/m}^2\text{)} = 0.091 \text{ 英噸/平方呎}$$

(丁)由英美制化標準制

$$1 \text{ 吋} = 2.5400 \text{ 公分}$$

$$1 \text{ 呎} = 0.304794 \text{ 公尺}$$

$$1 \text{ 碼} = 0.914388 \text{ 公尺}$$

$$1 \text{ 平方吋} = 6.4514 \text{ 平方公分}$$

$$1 \text{ 平方呎} = 0.0929 \text{ 平方公尺}$$

$$1 \text{ 平方碼} = 0.8361 \text{ 平方公尺}$$

$$1 \text{ 立方吋} = 16.386 \text{ 立方公分}$$

$$1 \text{ 立方呎} = 0.028315 \text{ 立方公尺}$$

-
- 1 立方碼=0.7645 立方公尺
 - 1 磅=0.453593 公斤
 - 1 英噸=1016.0475 公斤
 - 1 小噸=907.1853 公斤
 - 1 磅/呎=1.4882 公斤/公尺
 - 1 磅/平方呎=4.8826 公斤/平方公尺
 - 1 磅/立方呎=16.0196 公斤/立方公尺
 - 1 磅/平方吋=0.0703 公斤/平方公分
 - 1 英噸/平方吋=157.5 公斤/平方公分
 - 1 英噸/平方呎=10.937 公噸/平方公尺

版權所有
翻印必究

中華民國三十六年五月三版

道路工程學

實價國幣

外加運費匯費

編者 陸國樑
校閱者 廖慰慈
發行人 李煜源
出版者 世界書局

發行所 上海及各埠世界書局



