

橋樑道路工程學讲义

上海图书馆藏书



A541 212 0016 8173B

624
907

同濟大學圖書館

登記
書號

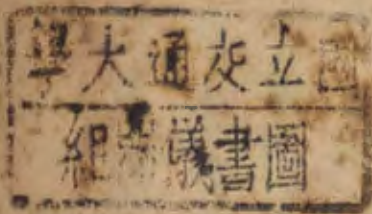
民國二十五年

橋樑道路工程學講義

國立交通大學
圖書館藏

張容


張宣為紀念亡弟張容敬贈
陸軍交輻學校編印



橋樑道路工程學

目錄

上編 道路工程

第一章 總論

第一節 道路之使命.....三

第二節 道路與鐵路之關係.....五

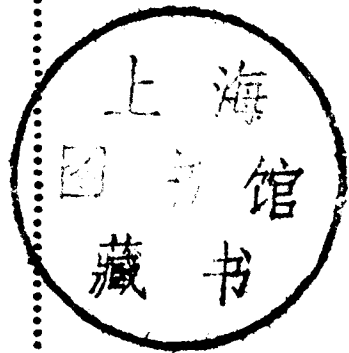
第三節 道路與汽車之關係.....五

第二章 設計原理

第一節 路線之選定.....七

第二節 牽引阻力.....八

橋樑道路工程學 目錄



1506073

橋樑道路工程學 目錄

二

(甲) 車軸磨擦阻力	九
(乙) 轉動阻力	一〇
(丙) 坡度阻力	一六
第三節 距離	一七
第四節 曲線及前視距離	一九
第五節 坡度	二一
(甲) 最大坡度	二三
(乙) 最小坡度	二五
第六節 路幅	二六
第七節 橫坡度	二八
(甲) 瓦特氏之計算法	二九
(乙) 華倫氏之計算法	三一

第八節 特殊橫坡度及路幅之加寬……………三二

第九節 排水……………三六

(甲) 水與土壤承托力之關係……………三六

(乙) 排水設備……………三八

(1) 路面排水……………三八

(2) 旁溝排水……………三九

(3) 地下排水……………四二

第十節 其他工程……………四五

(甲) 路基……………四五

(乙) 橋樑及涵洞……………四六

(丙) 道路與鐵路之交叉……………四六

第三章 舊有官道之修改

第一節 坡度與路幅.....四七

第二節 旁溝及排水管.....四八

第三節 路線之改變.....四九

第四節 路面之改造.....五〇

第四章 泥路

第一節 總論.....五一

第二節 設計 (甲)路幅(乙)坡度(丙)土工.....五一

第三節 建築.....五四

第四節 修路.....五五

第五節 築路機.....五六

第五章 砂粘土路

第一節 總論.....五七

第二節 設計 (甲) 路幅 (乙) 坡度 (丙) 橫斷面 (丁) 材料之配

合.....五七

第三節 建築.....六一

(甲) 粘土或沃土路基上砂粘土路面之建築法.....六一

(乙) 黃砂路基上砂粘土路面之建築法.....六二

第四節 特質.....六四

第六章 礫石路

第一節 總論.....六五

第二節 材料 (甲) 礫石 (乙) 結合物.....六五

第三節 設計 (甲) 路幅 (乙) 坡度 (丙) 橫斷面.....六七

第四節 建築 (甲) 表面建築法 (乙) 槽形建築法 (丙) 表面與槽

形建築法之比較……………六八

第五節 修路……………七二

第六節 特質……………七二

第七章 碎石路

第一節 總論……………七五

第二節 材料 (甲) 碎石 (乙) 結合物……………七六

第三節 設計 (甲) 坡度 (乙) 橫斷面 (丙) 厚度……………八〇

第四節 建築 (甲) 泰爾福達式建築法 (乙) 馬克達式建築法

(丙) 泰氏與馬氏建築法之比較……………八一

第五節 道路之破壞力 (甲) 載重及速度 (乙) 天氣之影響……………八五

第六節	修路	(甲) 隨時零修 (乙) 定期全修 (丙) 路面翻修	八八
第七節	碎石機	(甲) 顎式碎石機 (乙) 旋轉式碎石機	九三
第八節	路碾		九四
第九節	特質		九五

第八章 水泥混凝土及鋼筋混凝土路

第一節	總論		九七
第二節	材料	(甲) 水泥 (乙) 砂礫 (丙) 鋼筋及鋼絲網 (丁) 水質及水量	九九
第三節	水泥混凝土之配合法		一〇八
第四節	設計	(甲) 坡度 (乙) 橫斷面 (丙) 厚度 (丁) 伸縮接縫 (戊) 排水之佈置	一一〇

第五節	建築	(甲) 混凝土之拌和法 (乙) 路牀之修築 (丙) 下層	
-----	----	------------------------------	--

混凝土之築法(丁) 上層混凝土之築法(戊) 鋼筋之鋪置(己) 混凝土之保養法(庚) 寒季施工法	一一四
第六節 修路	一一九
第七節 特質	一二〇

第九章 柏油及地瀝青路面

第一節 總論	一二二
第二節 材料 (甲) 柏油 (乙) 地瀝青 (丙) 石料 (丁) 粉末	一二三
第三節 設計 (甲) 坡度 (乙) 橫斷面	一二七
第四節 建築 (甲) 柏油灌碎石路 (乙) 柏油碎石路 (丙) 地瀝青岩末路 (丁) 地瀝青混凝土路 (戊) 地瀝青碎石路 (己) 地瀝青灌碎石路	一二八

第五節 修路.....一四三

第六節 特質.....一四四

第十章 塊料砌路面

第一節 總論.....一四七

第二節 材料 (甲) 底層材料 (乙) 路面材料.....一五一

第三節 建築 (甲) 底層建築法 (乙) 路面鋪砌法.....一五五

第四節 修路.....一六一

第五節 特質.....一六二

下編 橋樑及涵洞工程

第十一章 力學之基本原理

第一節	定義(1)力(2)變距(3)么應力與么變距之關係(4)最高強度(5)彈性限(6)彈性率(7)溫差應力(8)設計應力(9)安全率(10)力率(11)偶力(12)安量(13)旋半徑(14)斷面率(15)彎距(16)撓角(17)單樑(18)聯樑(19)臂樑(20)支距及硬度(21)等硬度不等硬度及對等硬度(22)荷重(23)力率及反力之符號字	一六五
第二節	靜力學之平衡律	一八四
第三節	單樑(甲)么集中重(乙)兩等集中重(丙)兩不等集中重(丁)全節勻佈重(戊)部份勻佈重	一八八
第四節	聯樑(甲)二聯樑(乙)三聯樑(丙)四聯樑	二〇二
第五節	水壓力及土壓力(甲)水壓力(乙)土壓力	二一五
第六節	基樁	二二二
第七節	鋼筋混凝土(甲)矩樑(乙)丁樑(丙)複筋樑(丁)柱(戊)平板(己)	二二二

涵洞.....二二七

第十二章 木橋之設計

第一節 橋之種類.....二六七

第二節 公路橋之荷重(甲)靜重(乙)動重(丙)衝擊力.....二六八

第三節 橋板及橋樑之佈置.....二七一

第四節 橋板設計.....二七五

第五節 縱樑設計.....二七九

第六節 橋墩設計.....二八三

第七節 翼牆設計(甲)木料翼牆(乙)混凝土翼牆.....二八六

第十三章 鋼筋混凝土橋設計

第一節 平板橋.....三二三

第二節 丁樑橋.....三一七

第三節 其他各式之橋樑(甲)架樑橋(乙)臂樑橋(丙)門樑橋(丁)複式橋

(戊)懸橋(己)弓形橋(庚)拱橋.....三二九

第四節 橋墩.....三三六

第五節 翼牆(甲)臂樑式(乙)撐牆式.....三四一

第十四章 涵洞之設計

第一節 涵洞之種類.....三四五

第二節 圓涵洞設計.....三五二

第三節 方涵洞設計.....三五七

(甲)單位換算表

(a) 長度 附尺之換算表及里之換算表……………三五九

(b) 面積 附平方尺之換算表及平方里之換算表……………三六〇

(c) 體積 附體積與容量之換算表……………三六一

(d) 重量 附重量之換算及水之容積與重量換算表……………三六一

(e) 么長重量 附么長重量之換算表……………三六二

(f) 么面積重量 附壓力之換算表……………三六三

(g) 么體積重量 附密率之換算表……………三六四

(h) 力率……………三六六

(i) 安量……………三六六

(j) 斷面率……………三六六

(k) 能力換算表……………三六七

(l) 運輸之換算表	三六七
(m) 速率之換算表	三六八
(乙) 斷面形之力學個性表(附工字樑)	三六八
(丙) 鋼筋面積表	三七四
(丁) 篩號與孔徑對照表	三八〇
(戊) 許可應力表	三八一
(己) 標準圖表(甲)木橋(乙)鋼筋混凝土橋(丙)涵洞	

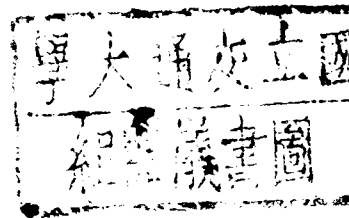
道路工程學

第一章 總論

第一節 道路之使命

道路或稱公路俗名馬路，自汽車運輸發達後，道路工程之改良與發展，有不容吾人不努力從事者，可如下述各端：

(一) 時間 吾國數千年來之陸路交通，不外藉小車驢馬等以代步；就道路之本身言，大都高低不平，灣曲崎嶇，泥溜溜滑，就來往行人之速度言，平均日行百里，已屬難能可貴，語云時間即金錢，以一人整日之光陰，虛費於百里之行程，以現代之目光觀察之，已爲一大犧牲，若就全國之人民計，受道路之不良而犧牲之時間，實難以數字推算矣。



(二) 經濟 數年前美國公路管理處之某刊上，曾統計全年中人民之費於鄉道上之運輸費，計共九萬萬金元，若該鄉道稍加改良，則每年所省之運費，當不下六萬萬金元。又如吉士(Chase)教授曾推算尼省(Nebraska)人民，若其農場至商場間之道路改良後，每一雨季，平均每人可省一百四十七金元。運費與道路之良窳，若就吾全國人民之從事於農工商事業而推算之，其犧牲之大，當亦可觀矣。

(三) 實業 吾國礦產，非不豐富，土產土貨，非無相當優長，而今日礦棄於地，百物滯銷，皆因道路不良，交通梗阻，數千里之轉運，其輸運之費，即超過物價一倍或數倍，致不能與外貨競爭。是今日之國困民窮，實由千百年來路政之不修有以致之。

(四) 文化 吾國昔日之所謂道路者，非自然之土徑，即狹隘之小道，諺云行路難，可知吾國昔日路政之梗概，即今日各地語言習慣之不同，其最大原因，莫非由交通梗阻，逼成生於斯食於斯老於斯之現象，若道路發展，俾人人物物，易於往來接近，則習俗同化，言文一致，不期然而化野蠻惡俗爲風雅文明矣。

(五) 政治 國家行政，貴在統一施行，吾國幅員廣大，人口衆多，欲求明令法規，易於傳播，調查統計，易於編著，端賴交通便利。再如邊遠各省，土地肥沃，人煙稀少，若能興修道路，移民墾植，既可消弭兵匪之患，亦足闢邊疆無限之富源。餘如各地水災旱患，人民死絕相望，運糶救濟，每患不及，若無交通便利，實鮮補救之方。

(六) 軍事 各地匪患之多，推其源，雖屬國中多故有以致之，然治標方法，貴在痛剿，一地告警，則運兵輸糧，非出以神速不爲功。大之如國防上之軍備，因交通不便，實有鞭長莫及之虞，歷來兩國交綏，其第一目標，先破壞敵方之交通要道，最足制敵人之死命。

總觀以上各點，則道路之使命，其直接與間接增進福國利民之處，有不可勝言者。

第二節 道路與鐵路之關係

陸地之交通利器，雖以鐵路爲主；但以汽車運輸發展之程度而論，大有自鐵路時代

而轉移至汽車時代之勢。第就經濟上，時間上，建築上各方面推論，鐵道頗不易短期內普及發展，舉凡物質及文化之運輸，實有賴道路以爲之濟。誠以鐵道建築，需款既鉅而其運輸只限於沿路各站，且行駛於其上者，又限於專用車輛，及預定之時間，若各種機動車，牛馬車，人力車及來往步行者，不若道路之易於普及隨時增減。故全國陸路運輸，僅恃鐵道，定不足以盡量發展國內各地，宏收公用普益之效。是今後道路之發展，正方興未艾，未可限量也。茲將道路之特徵，列舉如左：

- (一) 建築及經常費較鐵道爲經濟。
- (二) 不受時間上之限制。
- (三) 便於短距離之路程。
- (四) 易於管理。
- (五) 增進都市與鄉鎮交通之便利。
- (六) 增進鐵路運輸之範圍。

(七) 減少運輸費及縮短行人之往返時間。

(八) 工商業在一年四季內，得圓滿之發達，不受臨時事故而貨積滯運。

(九) 增進經濟文化等之流通。

(十) 軍事上之便利。

(十一) 直接發展天然物產之銷路，間接即振興實業。

(十二) 提高沿路土地之價值。

然就鐵道之本身優點而論，遠距離及多量貨物之運輸，道路固不如鐵道之經濟。要之鐵道各站貨物之集散，不得不賴道路以完成鐵道之任務，且鐵道之發展，尤須賴道路而益發揮其功效。故道路與鐵道之關係，猶如人身之動脈與血管，息息相關，不容或缺也。

第三節 道路與汽車之關係

語云需要爲成功之母，吾國數千年來，對於道路之改良，絕少有人注意，卽因運輸車輛，亦未有何改進故也。卽歐美各國，在十九世紀初葉，道路之築法，亦不過發展至路碾滾實之碎石路爲止。第自汽車發達後，其速力及載重，有非碎石路所可勝任，乃改絃更張，勢不容緩，以是有近代之各種新式路面如混凝土路，地瀝青柏油路等，以今日而推未來，車運日繁，需費愈大，則經濟上之需求愈迫，是將來車道之路面，究宜如何改善，殊未敢言，但必需利用廉價物料，而又可築成適應現代交通所需求之路面，則可斷言。混凝土瀝青柏油等路面，雖足應現代交通之需要，但所費殊昂，故碎石路面，迄今猶有其相當地位者，以其造價特廉也。

第二章 設計原理

第一節 路線之選定

道路經行之城鎮等地，往往爲先決問題，如必須經過某城鎮某某礦區工廠農林場等，但對於修築費，修路費及貨物運輸費三者之關係，間有臨時變更，亦所不免，是路線取捨之最要標準，不外上述三種之費用，必須最少，而利用上之效率，又須最大。就技術上之擇定路線原則，列述如左：

- (一) 須擇坡度最小之路線
- (二) 須擇最短最直之路線
- (三) 須擇基地較高填挖部份最少之路線
- (四) 須擇沿路有築路材料及工人等鄰近之地及運送材料最便之地
- (五) 沿路如有舊路線可資利用者，須儘量利用

- (六) 須擇沿路橋樑涵洞及山陵最少之位置
- (七) 經過河流，務以直角交叉之
- (八) 橫切山陵時，須擇最低地點
- (九) 曲綫須緩和而不急
- (十) 須避免洪水漫溢之患

若路綫之無預定目標者，不應僅拘於技術上之符合原則與否爲判也。其路綫修築後，利用率之增加，沿綫各地方之發展，以及將來客貨輸送之能力等，均必詳加考慮，力求完善。大都選擇路綫時，需選擇預定路綫數條以作比較，而最後一條之決定，當擇其技術上之較優，再依利用方面之質與量而採其適宜者，則其路線之選定，庶乎合於交通經濟之原理矣。

第二節 牽引阻力

車輛之駛行路面，發生一種損失能力之阻力，欲求迅速與省費，須設法使該力愈小愈妙；此種阻力，雖成因複雜，然大別之，當為車軸磨擦，轉動阻力及坡度阻力三種。

(甲) 車軸磨擦阻力

車軸因磨擦所起之牽引阻力，與路面之良窳及車輪之速度無關，而對於軸徑軸孔之尺寸，所用之材料及注油器之設備如何，則影響極大。同一車輛，此種磨擦阻力，與其所載貨重成正比例。至車輪之磨擦係數，據白克氏之試驗，約與壓力之平方根成反比例。如輕車時候，約為輪軸上載重之百分之二。重車時約為載重之千分之十二乃至十五。此係指塗有充分之滑潤油而言。若注油不足，則有增至上述之兩倍乃至六倍者。普通美國式車，就輪軸上所載重量每噸約須三磅至四磅半之牽引力，即可敵其磨擦阻力矣。茲將車軸磨擦所起之牽引阻力計算法，排列如左：

$$P = FW \frac{1}{R} \dots\dots\dots [1]$$

上式中 P = 車軸磨擦所起之牽引阻力

$F =$ 摩擦係數 (視所用之材料而異)

$W =$ 車軸所受之重

$r =$ 輪軸之半徑

$R =$ 車輪之半徑

通常軸半徑與輪半徑之比 $\left(\frac{r}{R}\right)$ 平均為 $\frac{0.03}{0.5} = 0.06$

鐵與鐵之摩擦係數 $(F) = 0.07$

故 $P = 0.0042W \dots\dots\dots [2]$

(乙) 轉動阻力

車輪轉動之阻力，由於路面之高低不平及軟弱所生。路面既有高低或下陷，則車輪駛行其上，與昇降斜坡同一作用。其阻力之大小，因車輪之直徑，輪幅之寬度，轉動之速度，及路面之性質而各異其值。

(1) 車輪之直徑

車輪直徑愈大，則轉動阻力愈小。其測定方法，有種種學說，依據馬理氏之試驗，謂阻力與輪徑成反比例，依據達伯氏之試驗，謂與輪徑之平方根成反比例，依據克賴克氏，謂與輪徑之立方根成反比例，要之結果之不同，大抵因其路面及其他情形而異，據美亞氏以三種不同之車輪。實驗所得之結果，列表如左：

前 輪 徑	後 輪 徑	平 均 輪 徑	每噸平均阻力
44 英 寸	56 英 寸	50 英 寸	130 磅
36 “ “	40 “ “	38 “ “	148 “
24 “ “	28 “ “	26 “ “	186 “

附註：試驗時以載重 $1\frac{3}{4}$ 噸及九種不同路面之平均結果

(2) 輪緣之寬度

輪緣之寬度與轉動阻力之關係，須視路面之鋪砌不同而定。大抵碎石路及平整之泥路，則較寬之輪緣，可減小其阻力。但在鬆浮之道路或路基堅固，而鋪有較厚之泥面者，則寬輪緣反足以增加其阻力，依據米滋里氏之試驗，列表如左：

輪幅寬度對於各種路面上轉動阻力之影響（阻力單位為磅/噸）

道路種類	路面情形	輪緣寬1½英寸	輪緣寬6英寸
碎石路	堅滑無塵者	121	98
	(1) 堅滑者	182	134
	(2) 新築，乾爽者	330	260
砂礫路	(3) 潤濕者	246	254
	(1) 壤土，乾爽，有灰塵者	90	106

泥 路	載重 (磅)		
	(2) 壤土，乾爽，無灰塵者	149	
(3) 堅泥，表面乾者	497		307
(4) 粘土，堅且深泥者	825		511

附註：試驗時之載重為一噸

(3) 轉動之速度

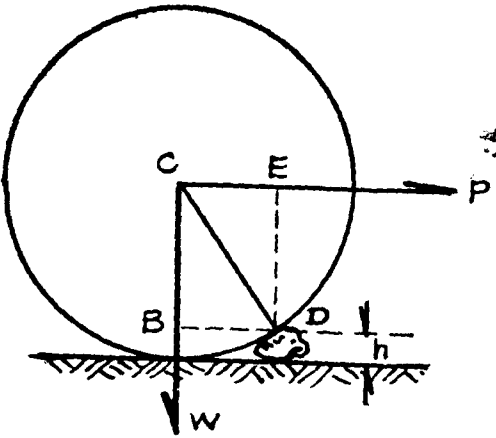
車輪在不規則路面上駛行，大抵速度快則震動劇，因而轉動阻力亦增。此種阻力，在車輪之備有彈條者較無彈條者為小，而空氣輪胎亦較金屬輪緣為小，然在平滑之鋪砌面及平整之土路上，關係甚微。依據磨領斯氏就備有鐵彈條之車輛以試驗，其結果如下表：

速度對於阻力之影響 (阻力單位為磅/噸)

道路種類	路 面 情 形	馬車每秒鐘之英尺數		
		2.5	5.0	7.5
(1) 乾爽良好者		41	48	49

碎石路	碎石路			
	(2) 堅硬及凹凸不平者	93	108	116
(3) 帶少許水份者	48	74	88	
舖石路	(1) 乾爽良好者	34	51	67
	(2) 潤濕有塵者	44	60	67
	(3) 極平勻者	31	47	54

(4) 路面凸出物之阻力



第一圖

例如第一圖，車輪遇一障礙物於D點，欲越過之，勢必將車曳高，此時所需之力，假定為P，車軸之載重為W，及車輪之半徑為R，則P及W循C E及C B之方向，以D為力率轉點，各據D E及D B兩力率距而作用，以保持平衡。其算式如下：

$$P \times ED = W \times BD \dots\dots\dots [3]$$

$$P = W \times \frac{BD}{ED} = W \sqrt{\frac{2Rh-h^2}{R-h}} \dots\dots\dots [4]$$

各種道路對於轉動阻力之影響

阻力單位爲磅 / 噸

今將各種道路上之標準轉動阻力，列表如左，以資考證。

道 路 種 類		阻 力	合載重之分數	
泥路	(1)普通者	56—224	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{10}$
	(2)堅硬者	112—124	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{18}$
圓 石 路		56—112	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{20}$
碎 石 路	(1)劣 者	160	$\frac{1}{14}$	
	(2)舊 者	90	$\frac{1}{25}$	
	(3)普通者	90	$\frac{1}{25}$	
	(4)上等者	22—52	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{43}$
石 塊 路		34—90	$\frac{1}{67}$	$\frac{1}{25}$
土 瀝 青 路		17—35	$\frac{1}{133}$	$\frac{1}{30}$
磚 路		17—45	$\frac{1}{133}$	$\frac{1}{50}$
木 塊 路		34—56	$\frac{1}{67}$	$\frac{1}{40}$
砂 路		100—200	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$
混 凝 土 路		27—30	$\frac{1}{75}$	$\frac{1}{67}$

(丙) 坡度阻力

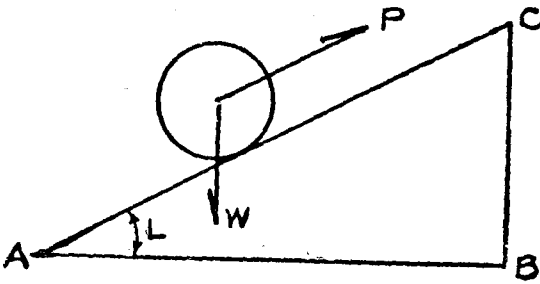
坡度阻力之大小，專視傾斜度為比例，與路面之性質無關。例如第二圖，斜坡之阻力為 P ，載重為 W ，依物理學上之原理，其關係如左：

$$P = W \times \frac{BC}{AC} = W \sin L \dots\dots\dots [5]$$

若傾斜度甚小時，則 AC 與 AB 之長，相差極微，作等長計，則算式可化成如左：

$$P = W \times \frac{CB}{AB} = W \tan L \dots\dots\dots [6]$$

第 二 圖



坡度之大小，普通以每越百尺之昇降表之，即以水平距離之百分數代之也。故欲求坡度之阻力，以載重乘坡度百分數即可。若欲求坡面上所須之總牽引力，則先求與坡度路面相同之水平面上之轉動阻力若干，而以同一載重之

坡面上斜坡阻力加減之即得。

例如碎石路之坡度為百分之四，求該坡面引上一噸載重之總牽引力R時，則因路面水平時之轉動阻力為每噸九十磅，即上坡時為

$$R = 1 \times 99 + 2240 \times \frac{4}{100} = \underline{\underline{179.60 \text{ 磅}}}$$

下坡時為

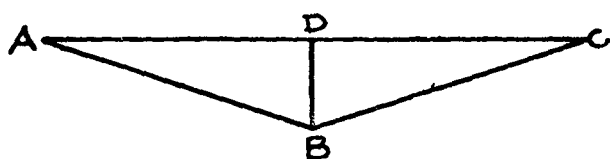
$$R = 1 \times 90 - 2240 \times \frac{4}{100} = \underline{\underline{0.4 \text{ 磅}}}$$

下坡時，車身因轉動阻力，尚大於坡面之滑下力，故尚須十分之四磅之外力，向前推進也。若所得之值為負數時，即下坡時有滑下之慮，須有反方向之力以防過急之滑下。

第三節 距離

修築道路，單就距離而論，當以兩地間之最短距離為最佳，因距離增加，其建設費

，養路費，運輸費，及通行之時間亦隨之增加。但一路之修築，尙有地點上之連絡及地勢變化之關係。若單顧距離宜短之說，反有失交通經濟之原則。例如第三圖，A C 兩點



爲某路之起迄點，循直線修築，當經 D 點，設該點適有某種之障礙問題，例如崇樓山陵等，若改爲 A B 及 B C 段進行，則 D 點之障礙問題，即可免除，設 B D 之距爲十公尺，A B 及 B C 之距均

爲一千公尺，則兩線之差，不過十分之一公尺。是路線稍爲迂迴，對於增加之距離，尙不十分重要。計算式如左：

$$A B = B C = 1000 \text{公尺}; \quad B D = 10 \text{公尺};$$

圖

$$A B + B C - A D C = \frac{1}{10} \text{公尺}$$

總之道路之方向，雖宜捷直，但同時尤須平坦。故捷直而兼平坦者，方爲道路之最優良者。但事實上每有不能如願之處極多

，則寧可放棄捷直而就平坦，此爲道路修築上之唯一原則。

第四節 曲線及前視距離

例如上節所述之關係，道路之修築，有不容不循屈曲線進行者，則曲線之連接，即無法避免矣。普通之曲線，多用圓弧，間亦有用橢圓形或拋物形者，其半徑之大小，須視路幅之寬度及通行車輛之速度而定。欲以高速度汽車通行於直線部之速度，能安全通過於曲線部份，是非將曲線之半徑加大不爲功。但半徑增大而前視距離仍有過短之嫌，或道路兩側有相當之障礙物，使前途無法透視時，則駛行車之速度，仍不能發揮其駛行於直線上同等之能率。故曲線與前視距離，甚關重要，不可不有切實之規定。

吾國鐵道部規定國道之曲線半徑，不得小於一百公尺。

廣東省道，規定半徑由一百五十英尺至一百二十英尺，縣道由一百英尺至六十英尺，鄉道由六十英尺至五十英尺以上。

浙江省道幹線，規定曲線半徑須在一百八十英尺以上，遇特殊處所，得縮小至四十

英尺。

前視距離之規定，須以車輛駛行之速度為標準。汽車每一小時駛行二十英里者，自制動機壓緊後，約前進四十英尺即停，每時駛行四十英里者，制動以後，約前進百四十英尺即停，依據上述結果，再酌加安全率，即前視距離之標準也。

美國規定最小之前視距離，須自二百五十英尺至三百英尺。

日本規定之前視距離，國道百公尺，府縣道六十公尺，其所規定者，與萬國道路會議所決議者，同一意義。茲繪成第四圖並列式如左，以資參考。

圖中 Y 為曲線之中軸半徑， C 為前視距離， M 為路幅之半。

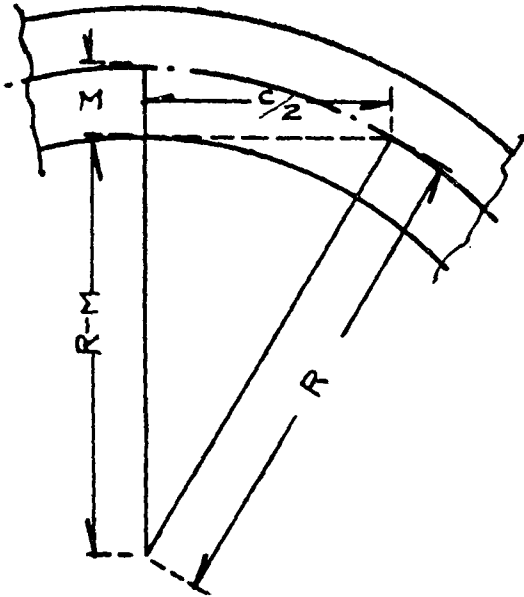


圖 四 第

$$\left(\frac{C}{2}\right)^2 + (Y - M)^2 = Y^2; \quad \frac{C^2}{4} + Y^2 - 2YM + M^2 = Y^2;$$

$$\frac{C^2}{4} + M^2 - 2YM = 0; \quad \therefore Y = \frac{M}{2} + \frac{C^2}{8M} \dots\dots\dots [7]$$

吾國鐵道部規定國道之前視距離，不得短於一百二十五公尺。

第五節 坡度

就車輛之運轉而言，道路自宜於水平而無坡度。然因自然之地形及工程經濟之關係，致使道路上之坡度為難免之事實。坡度之有害於車運者，一因通行於坡面上之貨物，須增加勞力，二因貨物重量，因以限制，故道路之愈良者，其坡度應愈小。然為地勢所限，雖同一性質之道路，其坡度亦難能盡同。

設如第五圖或第六圖，甲乙兩坡面，相交於O點，若無緩和曲線AMB以緩和轉折

銳驟之勢，則車馬通行其上，必生不順適之感覺，故亦須用曲線以補救之。緩和曲線之

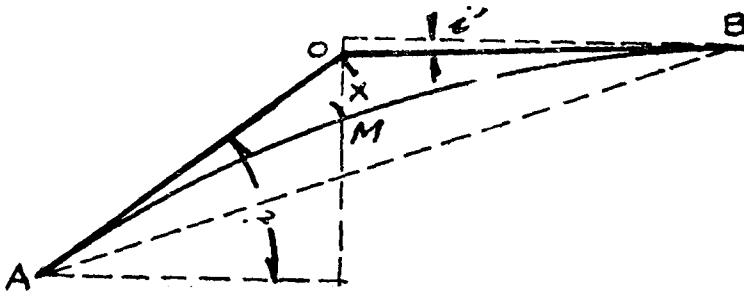


圖 五 第

A O = 甲坡面

B O = 乙坡面

i = 甲坡度(百分數)

i' = 乙坡度(百分數)

計算法，先定 A O 及 B O 之長各為二十五公尺，則 A B 兩點為曲線之起迄點，求 O 點上應行昇降之距離 x ，可依下式得之：

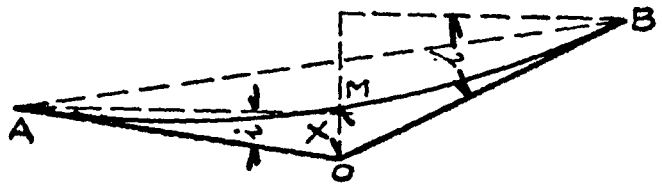
$$x = 6.25(\pm i') \dots [8] \quad (x \text{ 之單位為公尺})$$

如 O A 及 O B 兩坡向相同，則式中兩坡度應相減，反之則相加。例如第

五圖 i 為 0.05 及 i' 為 0.03 則

$$x = 6.25(0.05 - 0.03) = 0.125 \text{公尺}$$

又如第六圖， i 為 0.03 及 i' 為 0.05



第 六 圖

亦有取 A O 及 B O 兩距離為十公尺，并用下式求 x 者：

$$x = 6.25 (.03 + 0.05) = 0.50 \text{ 公尺}$$

$$x = 2.25 (i \pm j) \dots \dots \dots [9] \quad (x \text{ 之單位為公尺})$$

無論用算式〔8〕或〔9〕，若求出之 x 值，不及十五公分者，則緩和曲線，即非必要，因 $x \wedge 0.15$ 之值者，兩坡向相交之界，不甚可辨，一經路碾壓平，及輪蹄不斷之磨擦，其轉折之勢，自不待修改而自然緩和矣。茲就最大坡度與最小坡度二者，再略述如下。

(甲) 最大坡度

最大坡度，亦名限制坡度，為免除道路之過峻以利交通為目標也。而昇坡與降坡，兩者之性質亦略有分別，在昇坡時之關係為載重之牽引力，而降坡時之注意在載重之通行速度及安全是也。茲將各國道路上坡度之規定，略舉如左：

美國規定主要幹線，最大坡度為百分之五至六，支線為百分之五至七，特別處所為百分之九至十一又四分之三。

日本規定國道之最大坡度為百分之三、三，府縣道為百分之四。

德國規定山嶽較多之部，最大坡度為百分之六，小山頗多之處為百分之四·五，平原為百分之三。

吾國鐵道部規定國道之最大坡度為百分之八。廣東公路處規定平原或近海之處之公路，其最大坡度為百分之三，丘陵者為百公之四至六，高崗者為百公之六至八。

再通常各種路面之最大坡度，大都遷就地形，無一定之限制，左表所列，亦不過示其大略而已。

路面種類	最大坡度
泥路	10%
石塊路	10%
木塊路	3%

磚 路	5%
泥凝土路	8%
瀝青碎石路	8%
地瀝青舖路	5%

(乙) 最小坡度

就車輛之運輸言，雖路面務求平坦，但以養路費而論，則路面稍有坡度者，實較水平者為有利。蓋道路雖有路拱以利排水，但水平道上，車轍所過，凹凸隨生，致貯水不流，路面毀壞，養路費因之增加。若於該段道路上有相當之坡度，則因車轍造成之小溝，雨水即得順流而下，免停積之患，如泥路碎石路等，尤有設置適當坡度之必要。各國規定之最小坡度如左：

美 國	0.5%
英 國	1 1/4%
法 國	0.8%

第六節 路幅

道路路幅之寬度，視其交通上之需要，將來發展之程度，及地方經濟狀況而決定。

因路幅愈寬，則建築費及養路費愈增，而交通能力亦愈大，按法國規定之國道路路幅與車輛之關係，如第七圖所示，

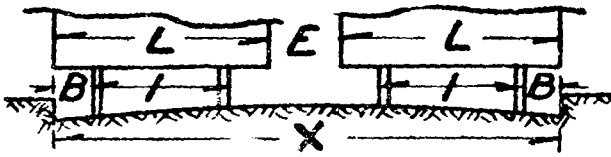


圖 七 第

$$X = L + I + E + 2B$$

L = 載重之車幅

I = 車輪之距離

E = 兩車並列之空隙 = 0.5
公尺

B = 外車輪至邊石之距離 =
0.25公尺

若 L = 2.5公尺

I = 2公尺

$$\begin{aligned} \text{則 } X &= 2.5 + 2 + 0.5 \\ &+ 2 + 0.25 \\ &= \underline{\underline{5.5}} \text{公尺} \end{aligned}$$

故×約爲六公尺，方可容雙行車輛之往來，小路與山路，至窄亦須三公尺，至交通稍繁盛之路，務力求寬闊，免將來加寬之困難。

國道及幹道，宜定爲最窄七公尺，以容三行車輛並行，如是則快行車可越慢行車而前進，交通上之便利多矣。

按通行車輛之數，以求路幅之寬，其算式如左：

N爲每小時同向車輛之數。V爲每秒鐘車之平均速度，L爲車之平均長度，并其前後應留之空距在內。

$$N = \frac{3600 \times V}{L} \dots\dots [10]$$

若L=10公尺，V=1公尺則得

$$N = \frac{3600 \times 1}{10} = \frac{360}{1}$$

是每小時中，同向進行之車，未達三百六十輛時，則路幅之寬，容雙車足矣。否則視其通行車之二倍三倍或四倍於三百六十輛之數而遞加之。

第七節 橫坡度（路拱）

路面常溼則易壞，所以路面之水，宜急速排洩淨盡，職是之故，道路之橫斷面，必爲中間隆起，而向兩邊傾斜。但橫向之坡度過急，交通均集中於道路之中央部份，其中央必易招破壞，而緩速度之車，駛行於兩側，亦時有傾斜之慮，又對向兩車互讓時，轉動費力。且兩旁既陡，遇大雨時，因水流之過急，路面之膠凝物料，亦有冲刷之患。故橫向坡度之規定，能各方兼顧者，頗不易易，惟依據其中重要之條件，可概括如下：如路寬宜小，路窄宜大，路面鋪裝材料堅實者宜小，疎鬆者宜大，縱坡度平者宜小，縱坡度陡者宜大等爲標準。

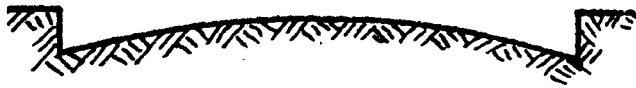
道路橫斷面之路面形狀，有用兩直線相交者如第八圖。有用兩曲線相交者如第九圖，有用圓弧之一部份者如第十圖，而以用拋物線形者，最爲合宜。

設如第十圖， f 爲道路中心隆起之高差， \angle 爲道路之寬，則 $f \propto \angle$ 卽路面之拱度。

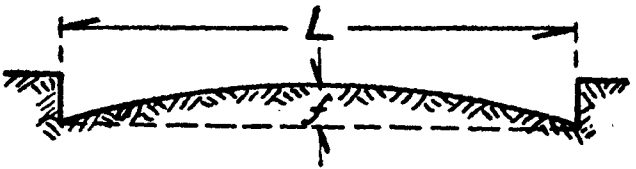
圖八第



圖九第



圖十第



計算橫向之坡度算式，略舉如左；

(甲) 瓦特氏之計算法

用於泥，磚，木塊，石塊及地瀝青所鋪之路面

$$f = \frac{L(100 - 4P)}{6000} \dots\dots\dots [11]$$

用於地瀝青膠泥所坡之路面

$$f = \frac{L(100 - 4P)}{5000} \dots\dots\dots [12]$$

上式中 f 為路拱 (單位為英尺) ；

L 為路幅之寬 (單位為英尺)

P 為路面縱向之坡度

路拱 f 之值，既已求得，則其餘各點，均可以

依照拋物綫之理以得之，茲舉一例以證之。

例如泥磚路，其寬為十六英尺，縱向坡度為百

分之二，則路拱之高，可援上式求之。

$$f = \frac{L(100 - 4P)}{6000} = \frac{16(100 - 4 \times 2)}{6000} = 0.25 \text{英尺}$$

拋物線之算式爲：

$$x^2 = Ky, \quad \text{上題之 } x = 8 \text{英尺時，則 } y = 0.25 \text{英尺}$$

$$\text{故 } K = \frac{8^2}{0.25} = 256, \text{ 或 } x^2 = 256y,$$

由上式，可求得 x 爲任何點之相當 y 值如下表：

x	y
0	0
± 2	0.0155
± 4	0.6025
± 6	0.1406
± 8	0.2500

(乙) 華倫氏之計算法

(A) 凡木塊路，石塊路，泥磚路，以及地瀝青膠泥路者，其路面之縱向坡度在百分之二以下，及無電軌道者，每六英尺路寬，路拱加一英寸。

(B) 凡碎石路，石塊路，以及泥磚之有地瀝青接縫者，其路面之縱向坡度在百分之二以下，每四英尺路寬，路拱加一英寸。如遇有電車軌道者，須將路寬中減去電車軌道中間之距離，然後依式求其路拱。路拱之高度既定，則由道路之中心起，量八分之一之路寬時，路拱減低八分之一。至四分之一之路寬時，減低八分之三，至八分之三路寬時，減低八分之五。

(C) 如路面之縱向坡度在百分之二以上及百分之四以下者，則用(A)及(B)兩法所求路拱之半值，左表係各種路面與拱度之關係，為各國所適用者。

路面種類

拱 度

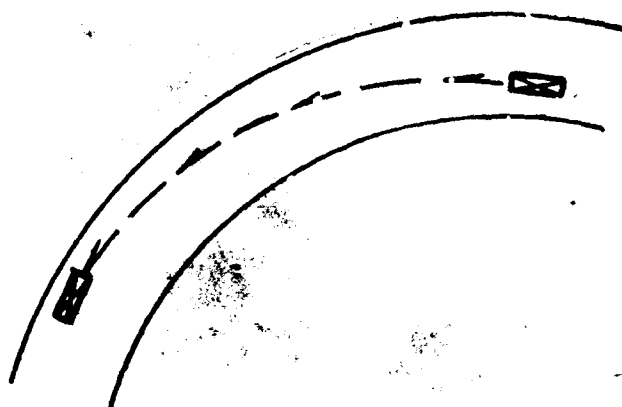
土 路

$$\frac{1}{40}$$

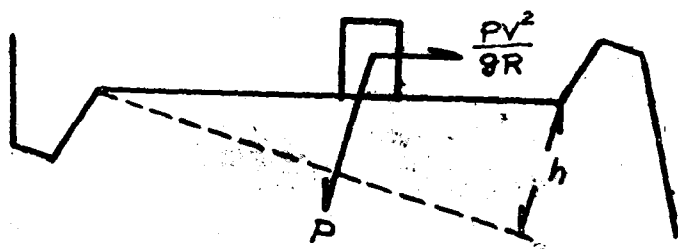
礫石路	$\frac{1}{50}$
碎石路	$\frac{1}{60}$
石塊路	$\frac{1}{80}$
木塊路	$\frac{1}{100}$
磚路	$\frac{1}{80}$
地瀝青路	$\frac{1}{80}$

第八節 特殊橫坡度及路幅之加寬

高速度之車輛，駛行於曲綫部份，發生一離心力，等於 $\frac{Pv^2}{Rg}$ ，式中 P 係車重，v 爲車行之速率，g 爲重力之加速度，R 爲曲線之半徑。因離心力之發生，其結果在曲線



第十圖



第十二圖

內邊行駛之車，必不期然而趨向外邊，如第十圖○。因之撞車之險，最易發生，防止之法，在維持曲線內邊之路面原高度，而增高其外邊，使橫向路面向內傾斜，而加高之數 h ，即稱為超高度。如第十二圖，其算式如左；

$$h = \frac{v^2}{8R} \dots\dots\dots [13]$$

但若 h 太高，慢行車又感不便，為兼顧起見，超高度有以路幅寬之百分之四至百分之

六爲最高限者，在此限度之內，慢行車固稱便矣，然快行車又嫌超高度之不足。法國會擇兩處公路，加以試驗。一爲北部坐車（指輕便快行車）繁多之路，一屬國防要道。歐戰時軍用汽車往來不絕者，在半徑三十公尺之曲綫內，其超高度爲百分之三，半徑四十公尺者，百分之五，五十公尺者，百分之六，依試驗所得之結果，兩路曲綫內之超高度，均不足以行駛快行車之需要。在半徑三十公尺之曲綫內，如行車速率限定每小時二十公里，則超高度應改爲百分之十，半徑四十公尺行車速率限定每小時三十公里者，超高度應改爲百分之二十，半徑五十公尺行車速率爲三十五公里者，超高度同上。晚近修築新路，有以此爲曲綫中之超高度標準者，然祇限於專駛汽車之路，不合於普通公路之用。超高度之設置已如上述，但以高速度車輛在曲綫內之安全起見，該段之路幅亦須酌量加寬。據實驗之結果，凡高速度車輛，相對駛行時，其間最少之空寬，約須一公尺。故曲綫處應較直線部份加寬，而曲綫與直線相接之處，亦須設置緩和切綫以保美觀。如第十三圖以曲綫之起迄點爲起迄點，其中央最大加寬度爲原有路寬之三分之一，於曲綫之

內側擴大之。

吾國鐵道部規定國道平曲線之超高度，應具有長十五公尺之轉高距離，半在直線之上，半在曲線之上，最大超高度，照下列公式計算之。

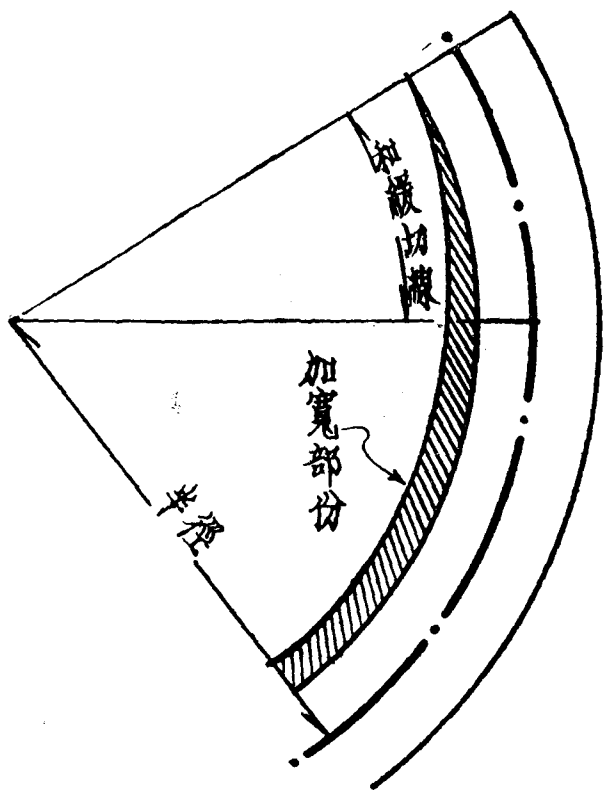


圖 三 十 第

公尺但小於一百五十公尺者，加寬一、五公尺

橋樑道路工程學

每公尺鋪砌面寬度應超高度之公

$$\text{分數} = \frac{810}{R}$$

式中 R = 平曲線之半徑

又鋪砌面之寬度，於經過曲線時，其增加之寬，須照下列情形增加之。

(1) 曲線半徑小於一百公尺者加寬二公尺。

(2) 曲線半徑大於一百

- (3) 曲線半徑大於一百五十公尺但小於二百五十公尺者，加寬一公尺。
- (4) 曲線半徑大於二百五十公尺但小於三百公尺者，加寬○，五公尺。
- (5) 曲線半徑大於三百公尺者不加寬。

第九節 排水

排水問題，或可爲築路中最要之一。如沙礫路之須保持相當之潤濕量，泥路之須常乾。過度之乾燥，足以破壞碎石路，若路基積水，爲害尤甚。路面之成水平者，因洩水之不易，故尤感處理之困難。再路面吸水及路基滲水，其影響於道路之壽命者，同一重要。試分述之：

(甲) 水與土壤承托力之關係

凡土壤之承托力，與其中所含之水份爲反比例，而此種關係，對於某種土壤，尤呈極顯著之作用，茲將美國道路局所得之結果，列表如左：

種類	水份之百分率	承 托 力	
		磅/平方英寸	公斤/平方公分
砂 礫 石	(1) 6,8	90	6,3
	(2) 8,7	47	3,3
	(3) 16,1	35	2,45
土 砂	(1) 6,8	56	3,92
	(2) 8,0	41	2,88
	(3) 16,0	2	0,14

依上表知土砂質之土壤，受水份之影響，致承托力之減小，較砂礫質爲大。由此可證明土壤含水量之增加，實使地盤之承托力減小，是卽路面之保持原狀上，受絕大之影響矣。

(乙) 排水設備

道路所受之水，其來源有天空降落之雨，高地排下之水及地面下通行之地下水三種。故對於來水之源，應分別設施，如路面路旁及地下排水之分。

(1) 路面排水

路面排水，其目的在使路面之水，迅速流去，勿令停蓄於任何部份，欲達此目的，須(一)路面光整，無凹凸不平之處，(二)路面設有橫坡度(路拱)及最小縱坡度，使路面之每處。不成水平。若在山地一帶之道路，其橫坡度之排水，殊無顯著之效果，蓋因縱坡度較陡，水不易橫流入於兩旁水溝，故在縱坡度較陡之部份，其橫坡度無須與平地者相同，效果既微，而影響於交通却大也。

(2) 旁溝排水

旁溝排水，其目的在截阻路旁之水，勿令流至路面，更可承接路面洩入之水，使沿設置之明溝或暗溝，迅速流去，有時地下水，亦須藉此溝渠以流出者。又如臨山之處，爲阻止山坡上雨水之傾瀉，有加築截水溝以導流他處者。

(A) 旁溝

旁溝之形狀不一，舉其最簡單者，約如第十四圖所示，即(1) V字形，(2) 梯形，及(3) 路肩與路面相交之三種。至旁溝之大小，視所排之水量而轉移，普通之尺寸，約如下述。

(a) 深約三十公分至六十公分

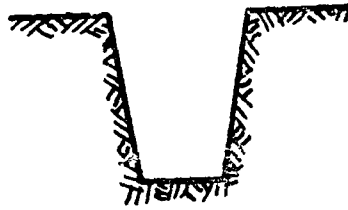
(b) 上口闊約一公尺至二公尺

(c) 兩邊之斜度約爲一比一至三比一 (橫三高一)

又如左列各節，亦可爲設置旁溝作參考：



(1) V 字形



(2) 梯形



(3) 路肩與路面相交形

圖 四 十 第

(a) 非至不得已時，旁溝不宜過深。

(b) 溝之靠路一邊，不宜過陡，溝之他邊斜度，可按其土質之自然傾斜度修築

之。

土質		自然傾斜度
砂		$1\frac{1}{2} : 1$
泥	(乾)	$1\frac{1}{3} : 1$
	(濕)	$2 : 1$
礫	石	$1\frac{1}{2} : 1$
碎	石	$1 : 1$

(c) 旁溝之縱坡度，每一段中，須均勻不變，其最小坡度不得小於千分之三，五至千分之五。

(d) 靠山之處，其旁溝之水，每隔若干距離處，可於路上橫築暗溝一道，備相當之坡度，使水得沿山而下。

(e) 路面縱坡甚陡之處，旁溝更不可少，否則水沿路中而流，路面易遭破壞。但旁溝之坡度亦大，如慮被水沖刷，可於溝底鋪石，及每隔若干距離，加築障礙物一道，以減水勢。

(f) 平地旁溝之水，如引入暗溝，其引入處應加築陰井，上覆鐵格，又此井須能容一人之出入，以便淘洗暗溝之用。

(B) 截水溝

沿山道路，除已設旁溝外，尚須於山腰另設溝渠以截阻山間之水，橫衝路面。此種溝渠，謂之截水溝。其方向視地勢而定，無須與道路成並行之必要。陡山之處，亦有用第二截水溝以利排水者。

(3) 地下排水

地下排水，其目的在排除路床中存留之水，以防路身之毀壞。此種排水之法，可分兩項申述之。

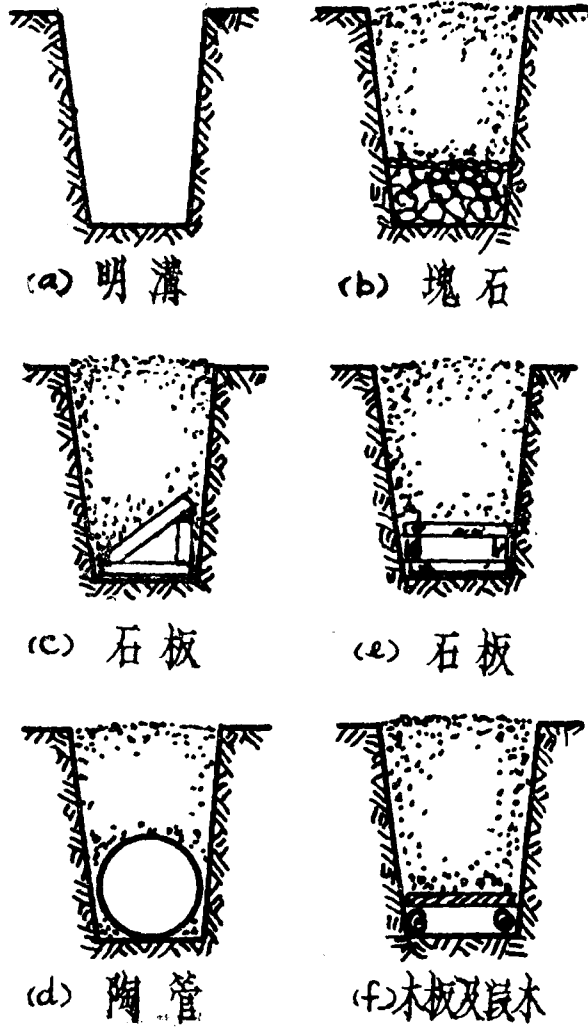
(A) 深旁溝之排水法

旁溝之築法，不宜過深，已見上節 (a) 條。但為排除地下水起見，非將溝底加深不為功。故深溝之修築，除特別情形外，以用暗溝建築法為宜，如第十五圖 (B) (C) (D) (E) (F) 各類。

(a) 明溝，深約一公尺，除土質良好，及快車道不靠近溝邊者，不宜採用。

(b) 用大塊石墊底，上覆小石一層，再用泥土填實，則路床之水，流入溝內後，即可由石塊縫間，順流而下。

上圖 (b) (c) (d) (e) (f) 各暗溝之底，須略低於路床應排之水面，使易於流入



(c) 用石板三塊，架設成三角形水道。上填泥土。
 (d) 用不敷油之陶管，逐節套成，上填泥土。
 (e) 用石板及泥磚，架成方形水溝，上填泥土。

圖 五 十 第

溝中。此種深旁溝之築法，雖效力如下述之路床中安設法爲大，但不致毀損路面之承托力，及修理時不妨礙路面之交通。

(B) 路床中築暗溝排水法

於路面下約一公尺處（視土質之種類而異，未可據爲定例）鋪裝暗溝，以吸收附近之水，導之暢流無礙，如此則暗溝附近之地，必形乾燥，而地下之水平面因以降低。暗溝本身之材料，最適宜者爲不敷油之陶管，其內直徑最小者爲三英寸，最大者三十英寸，長度最短者一英尺，最長者三英尺，接縫多爲套節。陶管之坡度過平，水固易於停蓄，但過陡亦勢有所不逮。普通恆用四百分之一之坡度，陶管之出口處，易受損壞，宜改接鐵管或混凝土管一段。其路線普通與道路線同方向進行居多。但有時亦作斜向兩旁者，如第十六圖所示，尖端居上流，作V字形埋設，使基地之水直接導入旁溝流出。其相隔之距離，雖視土質及坡度而異，但普通約自二十五公尺至三十公尺。

第十節 其他工程

(甲) 路基

無論何種道路，其耐久能力，全視路基之堅固與否為斷。故路基之於道路本身，與房屋及橋樑建築上之基址工程，同一重要。路基之為堅固岩石者，不但基底穩固，且修築費亦省。若砂質之地，應加適量之粘土，較軟之地，酌加相當之碎石及砂礫等，仍不失為良好路基。又如用混凝土及地瀝青混凝土作路基者，為近代修築高級道路所樂用者

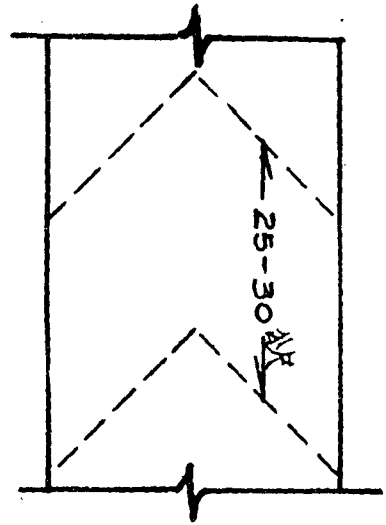


圖 六 十 第

也。

(乙) 橋樑及涵洞

橋樑及涵洞之建築，爲道路上不可避免之事實，且工艱費巨，及短期內不易立成，故橋樑涵洞之於道路，占重要位置。進言之，亦可謂道路之一部份。其選定之要旨，要不外河流之寬度以愈狹愈佳，沿岸有良好基底爲佳，通過河流之次數愈少愈好，及河流有穩固之漕道者（另詳第十二章至第十四章）

(丙) 道路與鐵路之交叉

據美國數年前之調查，人民因鐵路與道路在同一平面上交叉所受損害之大，計每七分鐘有一人喪生，每一分鐘間有四人負傷，足見同平面上交叉爲害之烈。所以高低交叉，成爲今日解決之要件。爲交叉處圖安全計，不可不加以相當之注意也。

第三章 舊有官道之修改

第一節 坡度與路幅

舊有官道，往往有下列之缺點，一坡度太大，二路幅太小，三排水不良，四路線多彎曲，五曲線半徑太小，六路面無鋪裝或高低不平，材料不適等。此種缺點，若加以修改即成爲良好之道路，而修改舊道，較之另建新路，其所省工作及便利，約如以下各端，一收地費，二路基費，三有舊路充運輸材料之用，四工作簡單迅疾等。故修改舊道，實爲築路工程中最經濟之一法。其修改之法，第一即將舊道沿綫，詳細查勘或測量，以定適合之坡度與路幅，然後於路面之高處、加以剷除，其剷出之土，或填低窪之地，或作加鑲路寬之用。剷除高處餘土之工作不難，惟填土於低處有須注意者，列舉如左！

(一) 舊有路面，應先剷鬆，如遇草根雜物，更須揀淨。

(二) 填路之土，宜用結實之粘土，濕土或淤泥，均不可用，凡土中之有草根雜屑等

有機物者，須一律揀出。

(三) 所填之路，務求結實堅固。其法宜於填土每厚十五公分時，即施行滾壓，然後再加第二層，并滾壓之。如此層復一層，至完成路頂規定之高度爲止。

(四) 路身填築後，宜鋪草皮或遮蓋物於路面，以防雨水冲刷。

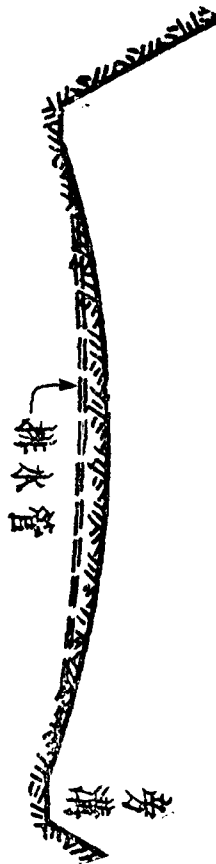
(五) 排水設備之方法，如土質良好者，則用路旁築溝法，以暢來水之排洩。若橫過泉流者，添設涵洞以爲排水之用。

(六) 如路面過高，或經過山側河旁以及其他危險之區者，則於路隄之一邊或兩邊，建築石質或混凝土之擋壁等，以作保護路身之用。

第二節 旁溝與排水管

旁溝及排水管之添設，爲排除路面及路基中積水之唯一方法，其理由已見前述。地面排水之橫坡度約在十二分之一至二十分之一之間，縱坡度約爲百分之一至百分之六。

地下排水之需要與否，視土質而定，如石灰質土壤，或岩石等，無地下排水之必要，但設旁溝於兩邊即可。至若粘土，或柔軟之灰泥土壤等類，易於吸水，且不易排洩。故應作橫排水管於道路之下，并另築明溝或暗溝於兩側，使水得自排水管斜流入溝，溝深約一公尺左右。旁溝及排水管之佈置，略如第十七圖。



第十七圖

第三節 路線之改變

舊道路之平面圖，如已測定，則某段可用或某段應加改直，不難立判。改良舊有之道路，以增大其曲線半徑爲第一要事。蓋大多數之舊官道，原未預備作駛行汽車之用，故銳急之灣曲線，在所不免，設不加改變，則將來撞車之險，可預卜也。

第四節 路面之改造

改造路面，亦爲修改舊官道之重要工作。如路面爲純淨之粘土質者，則加鋪粗砂，或路面多砂者，則加以相當量之粘土，卽一變而成良好之砂粘土路矣。若加碎石於舊路基上，作兩層之建築，則土路且可立變爲碎石路。

第四章 泥路

第一節 總論

泥路爲最初級之道路，以其造費低廉，及工作簡單之故，卽今日各省所修築之公路，幾十分之九屬於此種。論泥土之成份爲粘土，黃砂，及有機物質混合而成。至每一種之泥土，又隨地而異，其相差之甚，幾全爲粘土至全爲黃砂者。泥土之性，最易吸水，而泥路一經吸水，則其承托力立即減小，但乾硬之泥路，其承托能力可自每平方公尺十噸至四十噸。

第一節 設計

(甲)路幅

道路之寬度，須視交通之狀況及氣候而定。在多雨及土質易軟之地，其路幅宜寬，反之，若在氣候乾爽，且土質良好之區，卽路幅稍狹，亦足通用。普通道路之總寬約在

十二公尺至十六公尺之間。如十二公尺之道路，則兩側各留二公尺半，車道及旁溝為九公尺。如道路寬十六公尺者，兩側各留二公尺作人行道，其餘十二公尺為車道及旁溝之用

(乙) 坡度

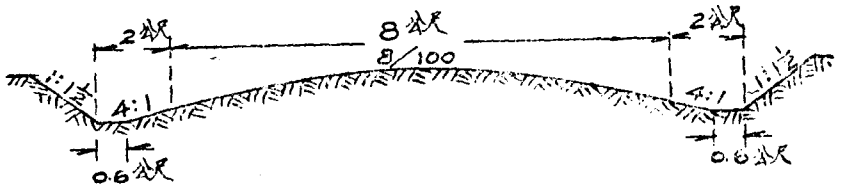
關於最大坡度，在平原之地，約為百分之八，山陵之處，約為百分之二十五，然因地勢關係，亦竟有達百分之三十三者。但坡度超過百分之十二以上時，車輛調節不靈，頗屬危險。至橫斷面最少須有百分之四之坡度。但亦不得超過百分之八。

又築路時，往往遇小坡或淺窪之地，為適合道路之高度起見，須施行剷土或填土等工程，則其側面之坡度，亦須有相當之安全。茲舉規定之坡度如下表：

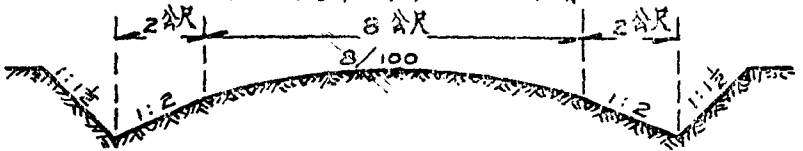
側面情形	平距與垂距之比
剷土之側面坡度 (1) 在 岩石處	1 : 1
(2) 在 普通泥土處	1 : 1
(3) 在 砂礫處	1 : 1
(4) 在 細砂處	2 : 1
填土之側面坡度 (一般而論)	1 : 1

普通泥路之標準斷面形，列舉如第十八圖。

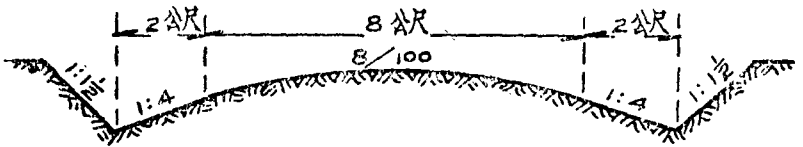
普通橫斷面形



縱坡度在百分之二以下者



縱坡度在百分之二至百分之四者



縱坡度在百分之四以上者

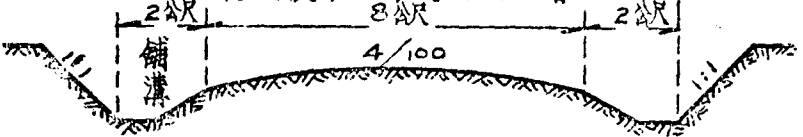


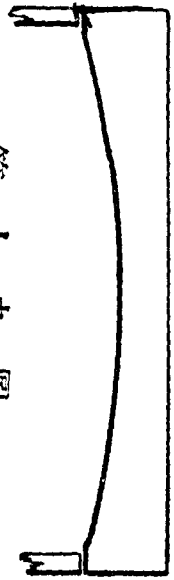
圖 八 十 第

(丙) 土工

土工分挖土與填土兩種，其工費之數量，占全路費用之最大百分數，故於設計時，應力求節省之法。再挖土數量若能與填土數量相等及運土之距離最短，則最爲經濟。道路通過山腰時，最要半挖半填，兩數脗合，庶免向外取土之不易。若在平原築路，大都填土多於挖土，則宜利用旁溝挖出之土填之路心，以免向外取土之費。至填土時應加注意之點，與第三章第一節所述各點同。

第二節 建築

泥路之建築，最爲簡單，任何農工，可以充任。藉築路機或人工之剷除或堆填，使成相當之路形，然後移動路面型板，使路拱之形式，恰與型板成一律者即可。路面之形式完成後，即用路碾滾實之。其滾壓次序，應先從路側滾壓，漸向路中心推移，往返滾壓至堅實爲度。



第十九圖

路面型板，如第十九圖，用木板一塊，將其底部鋸成路面曲線形。築路時，在每隔若干距離，兩側各打木樁一個，并測定其樁頂之高，加路面型板於其上，即可知該路面之是否適合也。

填土經歷實後之降落高度，約自百分之十至百分之十五。例如填土之厚為二公尺半時，約降落百分之十。二公尺半至三公尺半時約為百分之十二。三公尺半至五公尺半時約為百分之十五。故於填土之時，應酌量加高之。

第四節 修路

泥路路面之保護，最為重要。蓋今日之驟馬車，大車，手車等，載重既無限制，而輪緣之寬度，又不加規定，一遇久雨，行走一過，則全路面悉破壞無遺。修理方法惟有

用修路機或人工平順之而已。

第五節 築路機

築路機用以鋤土及平坦路面之用，今列舉兩種，略述如左：

(甲) 刮削築路機

刮削築路機，備有刮刀及調整輪，刮刀前緣鋤鬆之土，能順次壓向後緣，散佈於路之中心，造成平滑之路面。

(乙) 揚土築路機

揚土築路機備有大形之犁嘴，鋤鬆泥土，藉傾斜之搬運帶，得將鋤鬆之泥，揚舉上昇，直接卸於土堤頂或傾入運泥車中。此機適用於開溝堆堤及修築等工作。

以吾國現時之情形論，工值低廉，人工衆多，及機器缺乏，故用築路機築路，反不如利用人力爲經濟及利溥。

第五章 砂粘土路

第一節 總論

砂與粘土之個性，絕然不同。砂在溼潤狀態時，其承托力最大，而粘土乃在乾燥狀態之下爲佳。是以用兩者相當之配合後，以之作路面之材料，却可相得益彰而彌其缺憾。是良好之廉價築路材料也。惟砂與粘土之質料，隨地而易，極不一致，欲訂一標準比數，作兩者之配合依據，誠非簡單之數字，可以表示。但就大概而言，配合率當以所加之粘土，恰足填滿砂間之空隙爲度，換言之，取兩種之料樣，用各種不同之比數混和之，其混和後之體積爲最小者，則其配合比數，愈近於最適宜之比數。

第二節 設計

(甲)路幅

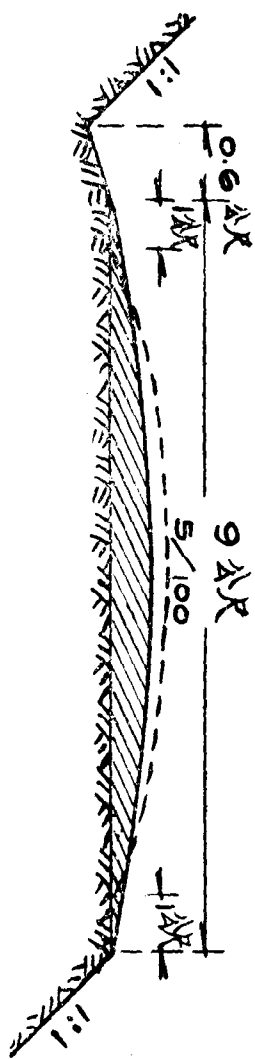
普通路面寬度如定爲九公尺者，則所推之砂粘土層須寬六公尺。

(乙) 坡度

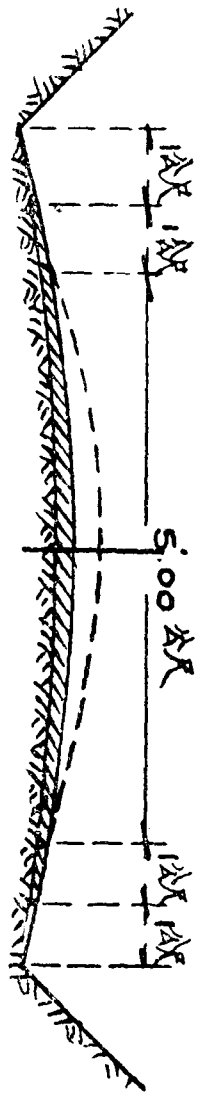
路面縱坡度，約自百分之二至百分之六。

(丙) 橫斷面

道路之橫斷面，如鋪裝之寬為六公尺者，則砂與粘土之厚度，在中央約為二十五公分，兩旁約為十公分。如是則橫坡度為百分之五，足以供路面排水之用。茲將一般砂粘土橫斷面略舉如第二十圖及第二十一圖所示：



第二十圖 砂粘土路建築於粘土路基上之橫斷面



第二十一圖 砂粘土路建築於黃砂路基上之橫斷面

附註：上圖中虛線所示者，為砂粘土料加上路面而未加滾壓前之位置。

(丁) 材料之配合

路面之良好與否，以砂與粘土之配合得當與否為轉移。故修築砂粘土路時，對於材料之配合，應有詳細研究之必要。茲將配合率，試驗方法及應行注意各點，略述如左：

(1) 凡沙粒之直徑，小於百分之二·五公分者，可謂毫無價值之可言，若在百分之二·五公分以下，除百分數絕少外，非但無益，且足為害。

(2) 粗砂與細砂相較，其比例數愈大，則其所築之路面愈堅而耐久。

(3) 粗砂之數量，以乾燥者作標準，其直徑在十分之二公分與百分之二·五公分之

間者，不能少於總量百分之四十五，但亦不能多於百分之六十。再就嚴格言之，其小於十分之二公分而大於百分之二·五公分之砂粒中，其所含之百分之八公分，百分之三·五公分，及百分之二·五公分各種砂粒之數量，須略相等。再無論如何，砂粘中之含砂量，不能超過百分之七十。

(4) 先將砂裝滿於一已知量之容器中，然後徐徐注水於其中，測其所需之吸水量，即為粘土之應加量。

(5) 先將砂與粘土分為各種之配合法，作為球形，然後將此球體，浸入水中，測其散碎度。其中含砂量過多者，其散碎亦愈早，次之即屬粘土過量者。其最後散碎之一球，即配合法最宜之比數也。

(6) 用砂粘土作成徑二·五公分及長七·五公分之圓柱體，先將此柱體在百度表百度之熱氣中烘乾，次將該柱體置入百度表二十一度溫度之水中，其分解坍塌至砂粘土質之自然坡度之時間，最少須二分鐘之久。如能持久至六分鐘，則更屬

良材。如圓柱之試驗不能合格，實足懷疑。應用上述之砂粒分析試驗，若仍不良，則該砂粘土之非良材，可以斷矣。

(7) 如將砂粘土質中之粘土取出，作成徑二·五公分長七·五公分之圓柱體，作成後，即放置於百度表所示二十一度之溫水中。其分解坍陷至自然坡度之時間，至少須二分鐘，若在此試驗中，不能及格，而在前試驗中尚能滿意者，則此種粘土雖尚可用，然其結合力之薄弱，可以斷矣。

(8) 農田表面之砂粘土，經天然之感應，人工之調和，若以之為修築路面之用，頗不易沖刷，亦不易分解。故農田中之砂粘土，恆較未經開墾地之土質為佳。

第三節 建築

(甲) 粘土或沃土路基上，砂粘土路面之建築法

若天然之土質為粘土或沃土時，其修築路面之方法，大同小異，大抵視情形所需，酌加黃砂或砂粘土之混成物而壓實之。

(1) 加天然砂粘土混成物之方法

先將路基及兩邊水溝，依法作成，如前面所示。路基之中部略平，次將砂粘土混成物鋪上，其路中心厚約二十五公分，兩邊厚約十公分，用築路機或人工將鋪上之砂粘土耙平之。俟雨水或灑水浸透後，即用耨耜之屬，將土塊搞碎調勻爲止。最後再用築路機或人工作成路形及壓實，即可通車。若天然之砂粘土中，缺少黃砂或粘土，則在調和之先，須將不足之數加入。

(2) 加砂之法

路基之作法同前，惟當鋪砂之前，須先將路面鋤鬆，將黃砂鋪上，厚約十五公分，乘其方乾，再翻鋤一次，使調和均勻，然後用修路機或人工作成路形以備通車。若將黃砂厚約八公分至十公分直接鋪於路基上，即行通車，其所得結果，可與上法無異。蓋經過雨溼之後，則土基軟化，易與砂粒摻合。惟此法須再加砂粒於路面，故功效不及上法之善，但在已通車之路上，照此作修理之工，藉免路面之高低不平，頗可採用也。

(乙) 黃砂路基上砂粘土路面之建築法

(1) 加天然砂粘土混成物之方法

先將路基作成，須略具路拱，水溝須淺，路基之中部須平，以便加鋪砂粘土。將預備之砂粘土鋪上，中部厚約二十五公分，兩邊厚約十公分至十五公分，乘其未乾前，用耜拌和，及用築路機或人工理平之。如天然砂粘土混成物中所含之砂量不足，則可將路邊之砂翻上，以增補之。用耜調和之土，其目的在使路面上之砂土均勻，非欲使路面材料，與路基之砂摻合也。

(2) 加粘土之方法

加粘土之數量，乃欲在某一深度之內，將砂粒間之空隙填滿及膠合，使不致易於飛散。至於砂粒間隙縫之檢定，已見前述。如所加者為散土，則較用半粘土須略少。因散土中原含有砂質也。用過量之粘土，最為切忌，大抵所用粘土之量，足填滿二十五公分厚砂層之空間足矣。乘路未乾之前，用犁耕及耜調和之，使砂與粘土，摻合均勻。此項工作，最關重要，路工之得法與否，惟此是賴。雖須時之多，用力之大，亦不應稍為假

借，既調勻後，可用築路機或人工鋪平壓實。

第四節 特質

砂粘土路之優點

- (一) 建築手續簡單。
- (二) 無擾攘之聲，
- (三) 富有彈性
- (四) 少灰塵。
- (五) 堅實後須人力修理之工頗省。

砂粘土路之弱點

- (一) 遇天氣久旱，路面易被車輛壓毀。
- (二) 較重之車輛，不能通行。
- (三) 遇久雨，路面易泥滯化。

第六章 礫石路

第一節 總論

就路面之材料而論，天然產生之礫石，雖不及碎石之良好，但使鄰地有大量之原料可得，則建築費及養路費，均較低廉，以之修築次要之公路，實屬輕省而易舉。

第二節 材料

(甲) 礫石

礫石之個性，須不出下列各條，方爲建築材料之良品：

- (1) 富於硬性及韌性。
- (2) 礫石之粒體，以大小不一者較等大者爲佳。最大者須在二，五公分以下，其在一，三公分以下者，須占百分之六十以上，但亦不得超過百分之八十。
- (3) 礫石之形狀，最好具有稜角形，色澤青者，較赤色者爲佳。

(4) 礫石須含有相當結合性之物質，如粘土，土壤及養化鉄等。但亦不宜超過百分之十五。

適合上述之條件者，要以河川砂礫爲最。普通石灰質礫石，結合力甚大，但嫌其柔軟，而石英質礫石，硬性雖大，又乏結合力，故有石英量不得超過百分之五十之規定。

天然產生之礫石，每有下述三種之缺點，不合建築路面之用，一夥粒太大，二夥粒太小，三缺乏結合物。夥粒太大者，須用篩分出，以供路基之用。若夥粒太小，則加入相當之粘土，可造成與砂粘土路相仿之路面。若缺乏結合物，則酌加相當之粘土可矣。

(乙) 結合物

良好礫石路之建築，其礫石之相互間，須有充分之膠合與凝固能力。否則車輛易於陷入路面，致增大牽引之阻力。一遇雨季，路床且易浸溼及軟化。是欲求礫石之結合，不外大礫之間有小礫，小礫之間有砂粒，而砂粒之間，有結合物以填實之。普通所用之

結合物，以粘土爲最多，次之如壤土及養化鐵等，亦多採用之。

(1) 粘土，粘土之使用量，不得超過百分之十五以上，其結合力，依天氣之狀態，而起變化，如雨天時候，易吸收水份，消失其結合力，使路面軟爛。若遇乾燥時期，則起收縮而生罅裂，與礫石分離，致路面疏鬆。

(2) 壤土。即砂與少量之植物質及石灰等混合之粘土，用作結合物，其性質與粘土略同。

(3) 養化鐵。即含鐵質之砂礫，用作結合物，則堅固凝結，而成爲不浸水且硬滑之路面。

第三節 設計

(甲) 路幅

普通六公尺寬之路面，其應鋪礫石，在單車線路爲三公尺，雙車綫路爲五公尺。至礫石之厚度，須視路基之性質，礫石之品質及交通之狀況而定。以普通良好排水之路床

言，約有二十公分之厚度即可，如在雙車綫路時，其左右兩邊之厚，約自十公分至十二公分。以上所述之厚度，指已經路輾壓實者而言，大抵在未壓實前，須有三十公分之厚。

(乙) 坡度

最大縱向坡度，以百分之十二為限。

(丙) 斷橫面

道路中央部之砂礫，最易被車輛衝壞，分散於路旁，故路拱之高度，以小為妥。最小拱度，為百分之二，最大者為百分之六。普通以百分之四為最適當。

第四節 建築

礫石路之建築方法，計分兩種，一為表面建築法，一為漕形建築法。

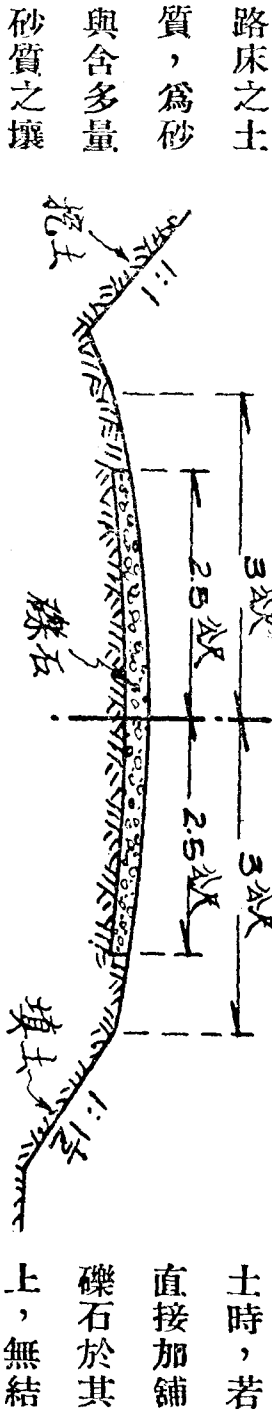
(甲) 表面建築法

將礫石鋪設於水平橫斷面之路基上，在中央部計厚十五公分，兩側計厚八公分。或先用板框圍於兩側，然後將礫石散佈其中，則礫石可擴散成爲自然之傾斜。經雨水之浸

潤。與車輛之輾壓，礫石即與底部路床之土層相混凝而成堅固之路面。但在此時期，路面須有相當之管理，以保持其光平與均勻。第一層礫石完全堅固後，再鋪設第二層，以達所須之厚度。

此外尚有一法，將所用之礫石，先堆於路基之兩側，每次散布少許於路基上。每遇天雨，加鋪礫石約五公分厚。如是礫石與路床之土層，兩相結合而成堅固之路面。此種方法，對於來往車馬，無甚不便之處。若礫石之含砂太多者，則此法尤為適用。

第二十二圖



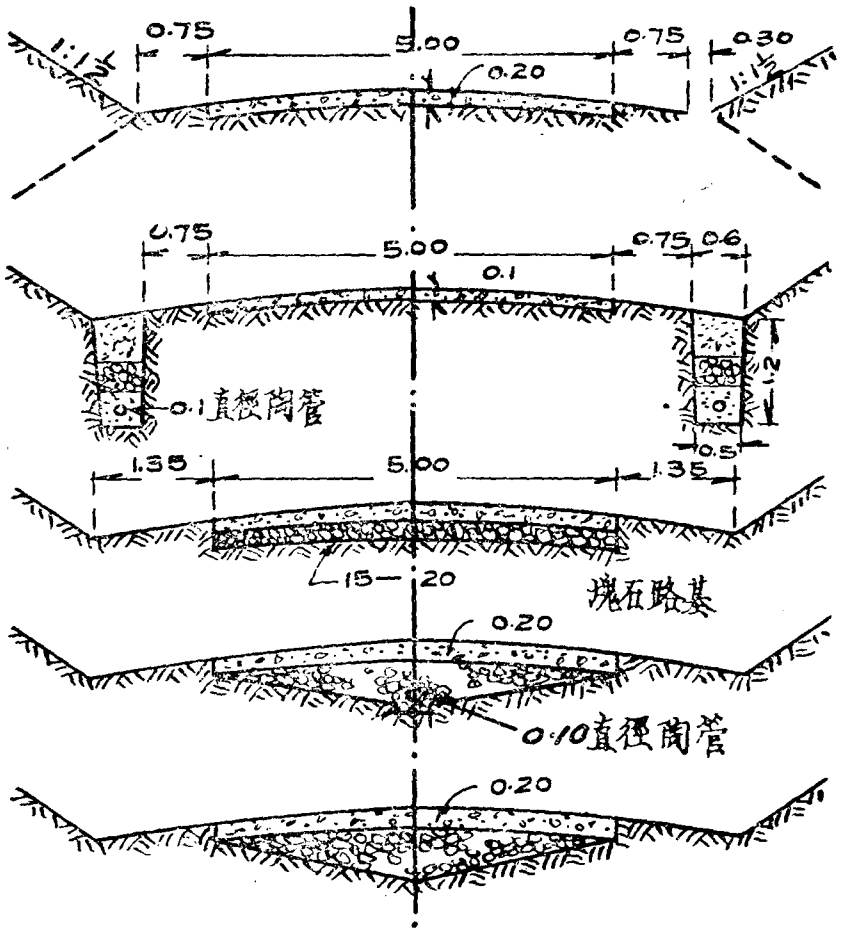
合能力之可言。故於鋪設礫石之先，應先填粘土十五公分或二十公分之厚，待該層粘土

堅實後，始將礫石散佈其上，依上述方法建築之。

(乙) 漕形建築法

先將路床掘深至二十五公分或三十公分(若材料良好及輕車道用厚二十公分即可)及
其所需之寬度漕形。漕底面應與路面成同一曲綫形，然後鋪礫石於漕中。普通分兩層填
鋪，每層厚度相同，當第一層鋪平後，或用路輥，或任車輛之自然輥壓以堅實之。第二
層之建築法與第一層無異。此種漕形建築法，為細礫石含量較少者所適用。

第二十三圖



七一

- (a) 普通槽形法橫斷面圖
- (b) 用深旁溝排水法，因排水之得宜故路面厚度，自五分公分至十公分足矣。
- (c) 加用塊石路基之重車道築法。
- (d) V字式用陶管於路中心之排水法。
- (e) U字式塊石間排水法

(丙) 表面與漕形建築法之比較

建築法	建築費	礫石使用量	適用
表面	低廉	多	宜於交通頻繁之道路及產礫豐富之地。
漕形	昂貴	少	宜於交通閒寂之道路及產礫較少之地。

第五節 修路

礫石路因受雨水之冲刷，冰凍及車輛之作等用，損壞甚易，故須隨時修理。於凹窪之處，先掘出其周圍之舊石，另用同樣之新材料填實及滾壓之。若遇過於凸出之部，可用鋤刮平之。當雨後未久之時，此種凹窪凸出部份，最易察出，且修理工事，亦以此時為相宜。至路面之排水問題，與路基及路面之承托能力等，關係重要，不可不特別設法，即流入旁溝之水，亦宜令其流歸他處。

第六節 特質

礫石路之優點

(一) 利於汽車之駛行。

(二) 修理較易。

(三) 汽車損壞量。較駛行於碎石路上者為少，

礫石路之弱點。

(一) 天氣乾燥時，易生灰塵。

(二) 雨季路面泥易滯。

第七章 碎石路

第一節 總論

碎石路與礫石路之分別，不過在石料上之一爲天然產生之光滑夥粒，而一則由大塊石藉人工或機力壓碎，具有稜角銳利之夥粒而別。礫石之產量不大，故在築路上之位置不如碎石路之普遍。碎石路因其石粒大小均勻及稜角銳利，故經鋪平及輾實後，已經密合堅固，再加結合物料以填塞其空隙，自較礫石路更形堅實。百年以前曾公認爲最高級之道路，但迄乎近代，其他各種優秀之材料出世後，不無有落後之傾向，然在交通開寂及載重不大速率較緩之路，仍多採用之。吾國工業不振，道路建築，方在發軔之際，一切高級道路，尙非需要，且地瀝青，水泥等材料，亦不足供築路之用。卽將來事實上果需鋪設高級道路，則原有之碎石路，卽爲良好之路基，故就事實而論，碎石路在吾國道路建築上，實有充分採用之趨勢。

第二節 材料

(甲) 碎石

修築碎石路之第一要點，即碎石之產地以愈近愈佳。因石量需要之多，運輸之遠近，與運費爲正比，直言之即與築路費有密切之關係。是故若建築碎石路而沿路有適宜之石料供給者，其所估之利益必甚多。有時因良石產地之遠，限於工費，亦不得不捨而求其次。

(1) 碎石之性質

石質須緻密堅實，耐壓力，富韌性，不受磨擦而損毀。不因天氣之變化而影響，及具有良好之結合性者爲上品惟石料之能具上述各條件者，頗不易得，就大體而論，要屬花崗石，玄武石，石英石及石灰石等數種。

(2) 碎石之試驗法

石料之試驗方法，不外實地試驗，及試驗室中之試驗兩種。實地試驗一則可藉已

成之路，調查其修築年代及石料性質等，可知其耐久年齡。或用某一種石料築新路一段，并記載該路通行之車輛及載重，以驗其經久之能力。至於試驗室中之試驗，可分硬度，韌性，磨耗及結合等試驗方法。

(3) 碎石之選擇

(A) 碎石須潔淨，如帶有塵土等，則足以減小結合物之粘結力。又如碎石中留有有機物質，則路面易受磨耗，致減短路之壽命。

(B) 碎石須緻密堅硬，及全體為同一種之石質者。若兩種石質不同，則道路築成後，其中較軟之石，磨耗或毀損居先，致路面有凹凸不平之處。

(C) 碎石之表面，愈粗糙則愈易結合堅實，且不易為外力所鬆動。

(D) 碎石之形狀，宜近似立方形及具有稜角者為最佳。若長條扁平之碎石，不堪外力之衝撞，應揀盡之。

(4) 碎石之大小

(A) 上層碎石

碎石大小之問題，不如石質之堅硬及富有韌性之重要，視現在或將來通行貨車之重量速度等爲轉移，簡言之即夥粒之能勝任貨車之通行而不致壓碎者，即爲相當之大小。若就石質言，其硬度及韌性不足者宜較大，貨車載重之大者宜增大。夥粒之最大者，約爲穿過六公分至八公分之圓孔爲限，最小以留於一公分圓孔之篩上者爲度，至穿過一分篩眼之小粒體，可充作路面之結合料。

(B) 下層碎石

下層碎石之大小，更無嚴格之規定，爲節省經費計，常較上層所用者尤大。但亦不應太大，致妨礙路輾之滾壓工作，平常所用之碎石能穿過七公分至十公分之篩眼者爲合用。

(C) 泰爾福達式路基石塊

泰爾福達式路基石塊，較前述之上下層尺寸更大，約長自十五公分至三十公分，厚

約八公分至二十五公分。鋪時其在路面兩側者用八公分厚石塊，愈向道路中心愈厚，至正中心則用二十五公分厚之石塊鋪之。

(乙) 結合物

碎石路雖較礫石路之結合堅固，但石塊之間，仍不能全無空隙，加結合物之作用，一則可免雨水之滲入路床，一則將石塊中之空隙填滿，使車輪行駛其上，不易動鬆及墜陷。故結合物之與路面，關係重大，材料之選擇，亦當加以注意。普通使用之結合物，約爲粘土，壤土，頁岩，黃砂，石灰石及擊碎石時所得之碎石粉等。

(1) 粘土及壤土，詳見前章。

(2) 頁岩，頁岩乃屬硬質之粘土，大致與粘土相同。

(3) 黃砂，由石英或矽酸而成之砂，其粘結力極小。若砂中含有養化鐵者，則結合力大而成爲良好之結合物矣。

(4) 石灰石，石灰石之粘結力甚大，惟質軟易碎，乃其缺點。

(5) 碎石粉，碎石粉亦屬優良之結合物料。

結合物之使用量，雖隨各種情形而增減，但其最適當之量，爲石塊間空隙之總體積，至多約爲碎石量之十分之一。

第三節 設計

(甲) 坡度

縱坡度約自百分之三至百分之五，最大者爲百分之十二。

(乙) 橫斷面

普通用之橫坡度，約爲百分之三至百分之六。

(丙) 厚度

碎石路面之作用，一爲抵抗車輪之磨擦，一爲排除路面之來水。故其厚度之尺寸，隨地而異，未能確實規定。以通常所用爲例，其路床良好者，自十五公分至二十五公分爲度。若碎石厚度，超過三十公分者，則建築碎石路爲不經濟矣。上述之厚度，係指碎

石經路輾壓實後之淨厚。碎石經壓實後所減之厚度約為百分之二十，故散佈碎石時應按設計上需要之厚度，酌加此種壓實後減少之數。又碎石路之築法，分泰爾福達式及馬克達式兩種，其所用碎石之厚度，亦因之不能一律。

第四節 建築

碎石路建築之法，分爲泰爾福達式及克達式兩種。

(甲)泰爾福達式建築法

第二十四圖



第二十五圖



泰氏爲英國最著名之築路工程師，以碎石路之築法著名，故卽以其名名之。其建築法先將路床挖平，深約二十公分至三十公分，卽將大塊石排列如第二十四圖，石塊宜一靠緊，尖端向上，底面宜平，又路中心之塊石用最大者，漸向兩旁遞小，然後將鐵錘等將尖銳處擊碎，使其碎片卽自然填充石隙，若仍不足，則加相當之碎石，務令空隙填滿爲止。所用之石塊，長約十五公分至三十五公分，厚自十公分至十五公分。鋪排時，須將石塊直立，此爲第一層工作。此層完成後，卽施行滾壓。經滾壓後，再加二公分至六公分大小之碎石加鋪於上，其厚度約爲十公分，然後用篩過之粘土或黃泥與細沙拌和後，和以清水，攪拌之使成泥漿，灌注於第二層之上。泥漿灌注後，再用路輾滾壓之，當滾壓時，須一面洒水於路面，一面用掃帚將機輪上所沾之泥掃淨，並用噴壺注水於路輾輪上，使輪上之泥，得隨水流於碎石路上，若滾壓時，發生孔穴，應立卽以大小相等之碎石填補及壓實後上覆二公分厚之砂層，再用路輾滾壓之。路輾滾壓之次數，視路輾之重量等而定，但大概言之，每一地點，至少須二十次之往返滾壓，務使路面平固，方

可將路面所餘之砂掃去。結合物與路輾之滾壓工作，爲碎石路建築上最要之工作，當特別注意。

(乙)馬克達式建築法

馬氏亦英籍，因馬克達式築路法，爲彼發明，故以名之。馬氏式之築法，不用大塊石作基礎，先將路基泥土，掘至二十公分之深度，用路輾壓實，然後用大小四公分至八公分之碎分鋪上，厚約十五公分，用重路輾滾壓結實。滾壓時加水與否，視需要而定。經數度之滾壓後，大約原厚十五公分之石層，可壓成十二公分之淨厚度。此下層工作完成後，再鋪上層之碎石約十公分厚，碎石之大小，以二公分至六公分者爲度，用耙平勻之，卽以備就之泥漿灌入，及再用路輾次第滾壓。滾壓時最要先從兩側着手，並須左右交替輪流，漸向路中心推移，否則必不能達預期之橫斷面形。此次滾壓時，必須加水，且於灌注混泥漿之外，路面應另用砂泥混合物或砂約二公分至三公分覆面。壓路機之滾壓工作，大致與前法相同，以不見碎石低下時爲止。其橫斷面圖如第二十五圖。

(丙)泰氏與馬氏兩築建法之比較

(1) 泰氏式碎石路

- (A) 可免地下排水管之建築，
- (B) 可省大宗碎石工作及費用。
- (C) 所受壓力。分佈至路基時較小，因下層之大石塊及石塊之寬大面在下。
- (D) 下層及路基之建築費，較馬氏式爲大。
- (F) 養路費用，亦較馬氏式爲大。
- (E) 下層之建築，如工事不良，則經重車駛行後，路面有陷落之虞。

(2) 馬氏式碎石路

- (A) 須備地下排水管。
- (B) 碎石工作及費用較大。
- (C) 勝任重車壓力，不致有損路面。
- (D) 養路費用，較泰氏式爲省。
- (E) 路基開挖之土，較泰氏式爲省。

兩式固互有利弊，要視當地之環境，車輛之繁簡，路基之土質，石料之軟硬等而臨機應變，則孰取孰捨，可以判矣。

第五節 道路之破壞力

道路之破壞力，可分車輛之載重與速率，及天氣之作用兩類分述之。

(甲) 載重及速度

車重之足破壞路面者，一由震力，一由壓力。設 P 為震力， W 為車重， G 為重力加速度， V 為震動速度，則震力之算式為

$$P = \frac{WV^2}{G} \dots\dots\dots [14]$$

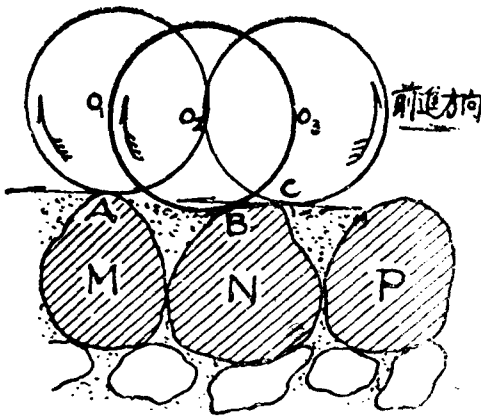
又設路面微有不平，其相差之高度為 H ，則因

$$V^2 = 2GH; \text{ 故 } P = 2WH \dots\dots\dots [15]$$

由上式可知 H 雖小，若 W 果大，亦能發生重大之震力，而影響於路面之安全矣。

至於汽車破壞路面，除重力之外，復加以車輛速度，故為害更烈，速度之破壞，至為明

顯，當膠輪胎旋轉時，壓於路面之部份，能吸起細小物料，其吸力之大小，直接關於速度之快慢。觀於汽車駛過時，車後塵土飛揚之實況，便可明瞭。路面結合物之功用，已詳言之，其支持能力，祇恃其本身之結合力，倘行車快捷，膠輪胎之吸力過大，則結合物勢必被其吸起，逐漸消滅，路面之毀壞，自可計時而待矣。



圖六十二第

。綜上所論，在碎石路面，車之重力及其速率之應受限制也明甚。下表為國際道路協會

假如路面狀況如第二十六圖，當車輪離 A 點將達 B 點時，石塊 N 隨車輪前進之力，傾向於前，迨轉過 B 點而達 C 點，又因輪之旋轉，而受反向之力，向後推移，是石塊 N 於每一車輪經過時，必先後受兩種相反之力搖動。如車重而行速，則搖動亦有力而且疾，無論碎石如何緊結，其不致鬆動者，誠莫莫乎其難矣。譬如壁上之釘，苟力搖之不已，則釘孔自必逐漸擴大，而釘亦因之脫落

所發表之決議：

車之總重 (以公噸計)	最重之軸重 (以公噸計)	每小時之速率以公里計	
		無彈簧之普通車輪	有彈簧之普通車輪
3—4½	2—3	12	25
4½—8	3—5½	8	20
8—11	5½—8	5	15
11及以上	8及以上	5	8
			30
			20
			10

上表中之軸重，係就歐美普通四輪車輛而言。其實論重力，應以路面每單位面積所能承托之壓力為標準，法國政府曾有如下之規定：「輪重以於碎石路面之壓力，以輪寬每公分不逾一百五十公斤為限，計算輪寬，應以輪與路面實際接觸之寬度為準」。

(乙) 天氣之影響

路面經相當時期之通行，或由磨耗，或因動搖，或為陷落，致來水積蓄，滲漏路基，更加霜雪之分解作用，路基稍有毀損，則路面遂不毀自毀矣。是天氣之摧毀，實由人事之

未盡也。

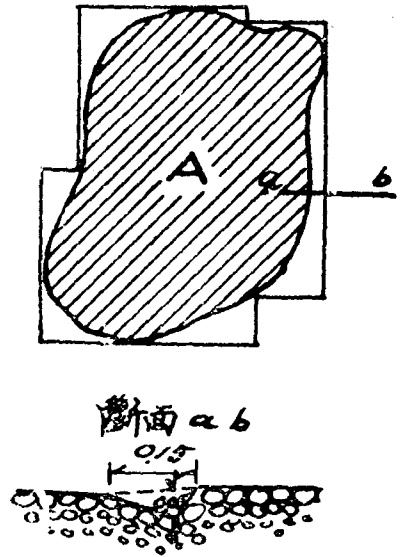
第六節 修路

道路之需隨時修理，以免天氣之摧殘，已詳前述。至於碎石路之修補方法，有隨時零修，定期全修，及路面翻修三種。

(甲)隨時零修，即凡有破壞及損失之處，隨時修補之是也。採用此法，必須沿路僱有長工，可隨時從事修補，并常備碎石，以供不時之用。其利處，在永能保持路面厚度及其拱形，然僱用多數養路長工及所需經常之費願巨。

零修之法，假定破壞或損失處如第二十七圖之A形，先將週圍削成與路線縱橫方向平行，蓋不如是，則車輛駛過時，新鋪之碎石，易被車輪推動。邊沿並挖成小溝，如第二十七圖之B斷面圖所示者，俾新舊兩部份結合較固，他處一概勿動，祇用硬帚清除路面塵土及石屑，充分澆水，而後鋪置新碎石於上，以大者居中，次者置於邊沿，舉手奔從邊

圖七十二第



沿擣至正中。擣實後，即可恢復交通。但須巡視勿斷，如有被車輪推動者，仍按上法補修之，直至新鋪之碎石，完全緊結始已。此法重在夯打，以非施壓力，則新鋪之碎石，莫由結實，故夯工之關係實大，（用自動之夯尤善）而碎石之必須潔淨，與夫形式尺寸之貴乎整齊，亦屬緊要。粘結料以少用為善，應俟夯打後，分散少許於面上。又新石料之質石宜與舊者相同。蓋較鬆則損蝕速，新修部份之路面，不久即呈低陷之狀態，較堅則損蝕緩，致漸隆起，其害一也。

修補處雖已夯打，然須經相當時日，始能結實，爲求緊結之迅速起見，可將修補處之舊碎石翻起一層，分成大小，以大者四成，（如不足則添用新石料）細砂一成，加水攪和，成爲混合物，以之填補，再散小者於上面，用夯力擣，小者漸沒入混合物中，充塞空隙，然後散細砂少許於面上，復繼續夯打，旋即恢復交通。此法所以有效者，全在和水夯打使混合物暫時緊結。但一屆氣候乾燥，混合物中水份消失，結合力亦必逐漸減弱，路面必呈龜裂狀態。故較善之法，莫如仍用形式及尺寸整齊之潔淨碎石填補，並夯打。若有汽車行駛之處，夯打猶虞不足，宜以路輾來回滾壓十數回，始臻結實。

（乙）定期全修，係除損壞特甚必須立即修補外，一任路面逐漸耗蝕，至相當時期後，全路添鋪碎石一層，以補歷來之耗蝕，并用路輾滾壓，如新修路面然。

此法之優點有三：（一）免僱養路長工。（二）無虛耗材料之弊。（三）修補之後全復舊觀，不似隨時零修，路面終有些少低陷或凸起之處。尤有進者，隨時零修，雖經夯擊，究不若路輾滾壓之有效。惟須慎加查察，妥定全修之期限，勿限長過久，至於全路發現破壞

之狀態，依法國所發表之統計，此項期限，有二年至十五年之差別，蓋關係複雜，不足怪也。

又因邊沿路面耗蝕甚微，故新鋪碎石，必路中厚而兩旁薄，經費不足時，且可祇修路中，不顧邊沿，其平均厚度，爲八公分至十公分，路中當厚十二公分至十五公分，兩旁僅三四公分可矣。交通繁盛之路，則平均厚度，宜增至十二公分。

欲得良好成績，必須將路面塵土石屑清除淨盡，然後充分澆水，添鋪碎石，則滾壓之後，新舊兩層，必能緊結，在有自來水之城市內，可利用射水管，以掃射路面塵土，無須另行澆水，凹凸過甚之處，宜先補平，用夯打實，庶新鋪碎石壓實之後，路面拱形，可期完善，

論鋪築新路時，宜擇晴朗之季，並勿多澆水，以防滲入路床，致減其承托力。但修補路面，則反是，必使新舊兩層碎石充分潤濕，方能緊合。且有舊層保障，所澆之水無滲入路床之慮。不妨儘量澆灑。故若趁雨季修補，更可省澆水之費。至滾壓方法，與鋪

築新路無殊。粘結料待路面壓實後加上，厚約一公分，再澆以水，使粘結料漸變成漿，注入路面空隙。亦有先鋪粘給料，而後再加碎石者，其理由爲新舊兩層碎石飽蓄水份，一經路輾重壓，水與黏結料和合成漿，將由空隙涌出路面，較諸由路面滲下者，必更完滿，然其成績終遜於前。

(丙) 路面翻修，實卽定期全修之較貴而更佳者，因前述之加鋪一層，雖修築頗妥，而新舊兩層之間，究不能十分結合，故以萬全及車運繁重之路計，不若全部翻修爲得計，翻拆路面，或用人工，或假機械。其機件卽裝於路輾之後，平均每小時不難翻起八十至一百立方公尺。若用人工，則遜多矣。路面翻起後，先將舊碎石之大小分開，大者用以鋪填下層，而小者備作黏結料。至上層應用同質或較堅之新碎石，否則必至壓碎。修補甫竣之路面，不可疏於巡察，有被車輪推動者，務卽澆水夯打，重修完好。

第七節 碎石機

用人工碎石之法，價昂而遲緩，在需要量巨大時，不得不用機械之力，但就碎石而論，人工碎石，較機械軋碎者為佳（已詳前文）故數量不大者，仍多樂用。至於碎石機之形式殊多，難於一一詳述，茲略舉兩種，申說如次：

（甲）顎式碎石機

此種碎石機之構造，較為簡單，機器內部，有活牙與定牙各一，定牙作立式，活牙為斜式，牙面有槽，係鑄鋼製成，石塊由上部之承受器漏入兩牙之間，轉動活牙，即軋成碎石，落於下部，兩牙之距離，可視碎石應需之大小而任意定之。此種碎石機之能力，及所須之動力約如下表：

每小時之碎石量 (以公噸計)	動力 (以馬力計)	碎石大小 (以公分計)
9—12	12	5
12—20	15	5
16—25	25	5

(乙) 旋轉式碎石機

此種機件，較顎式者為耐用，且碎石能力亦大，而所出之碎石亦極均勻。用十五至二十匹馬力者，每小時可軋碎石十噸至二十噸，十八至二十五匹馬力者，每小時可軋二十噸至四十噸，三十至六十四匹馬力者，每小時可軋三十噸至六十噸。

第八節 路輥

蒸汽路輥，多為三輪式，其重量不一。普通所用者為六噸至十二噸。巴黎市內所用之路輥有重至三十噸者。就壓力言之，不在路輥之總重多寡，應視其輪寬每公分所具之壓力幾何，壓力愈大，則碎石被壓愈實，空隙愈少。換言之路面愈不透水，而愈堅固。但若碎石質劣，不勝其重壓，則碎矣。故路輥所具之壓力。應與石質相稱，石質中等者，所用之壓力，平均約為輪寬每公分七十五公斤。滾壓路基，應用較輕之路輥。即鋪築下層時亦然。重輥祇用以滾壓道路之上層。

雙輪式之路輥壓力較勻，壓成之路面，亦較平整，但用之者尚少，以機械繁複而價

亦昂貴也。

路輾兼有澆水之設備者，較爲便利。且輪輞常濕，滾壓時，碎石不至黏附其上而帶起。再有汽油路輾，既輕便，又無須供給煤水，發動亦較迅捷。至無煤烟，及機聲細小，不擾路旁居民，在城市中尤稱便利。

路輾應來回滾壓若干次，方使碎石固結，論者甚不一致。蓋關係頗多，如石質之堅鬆，路面之厚薄，氣候之燥濕，在在皆有影響。就石質而論，如石灰石路面，須來回滾壓四五十次，砂石路面，須壓五十至七十次，雲斑石路面，九十至一百次。

路輾上應有里程自記表，指示滾壓若干里數。計算路輾工作之單位，爲噸公里，每次輾路之工作，卽以表上自記之公里數，乘輾重而得之。各個路輾，應各備一日記本，記錄所作之工，及工作若干噸公里。如有修理，亦須載明修理情形，及其費用，以便統計，此項記載，可責成監工或工頭任之。

第九節 特質

碎石路之優點

1. 步履安穩。
2. 馬足良好。
3. 良好路面，頗平滑而車輛之牽引阻力不大。
4. 建築費低廉，
5. 比較上擾聲不大。
6. 舖設迅速。
7. 修理亦便。

碎石路之弱點

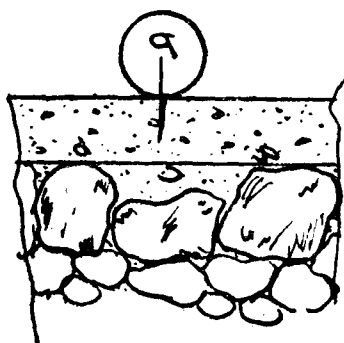
1. 雨季頗泥滯。
2. 乾燥時易起塵埃。
3. 交通頻繁之路，養路費極鉅。
4. 若不及時修理，則牽引力增而擾聲大。
5. 掃除清潔上之不易。
6. 洒水之次數較多。

第八章 水泥混凝土及鋼筋混凝土路

第一節 總論

水泥混凝土或稱水泥三和土，若假名思義，當爲泥土與某兩種物料混合所成之物，而其實爲水泥（亦稱洋灰）黃砂及碎石（或礫石）三者之混合物。在先總理之建設大綱上，稱水泥爲士敏土，與英文原名之Cement又屬同音，則混凝土之名，尙屬符合。

混凝土之性質，隨水泥之種類，比份之差別，黃砂石料之粒體，粒序，含水量之多寡，拌和法之合度與否，及硬化期之環境而轉移。故人事方面之致力，尤較前述各種路面材料爲複雜及重要。就大體而論，混凝土爲一種富於抵抗壓力而弱於抵抗引力及性脆易裂之物料。受溫度之高低，其伸縮係數，約略與鋼鐵相同，因之用混凝土鋪築路面時，在某一距離間，必需備



第二十八圖

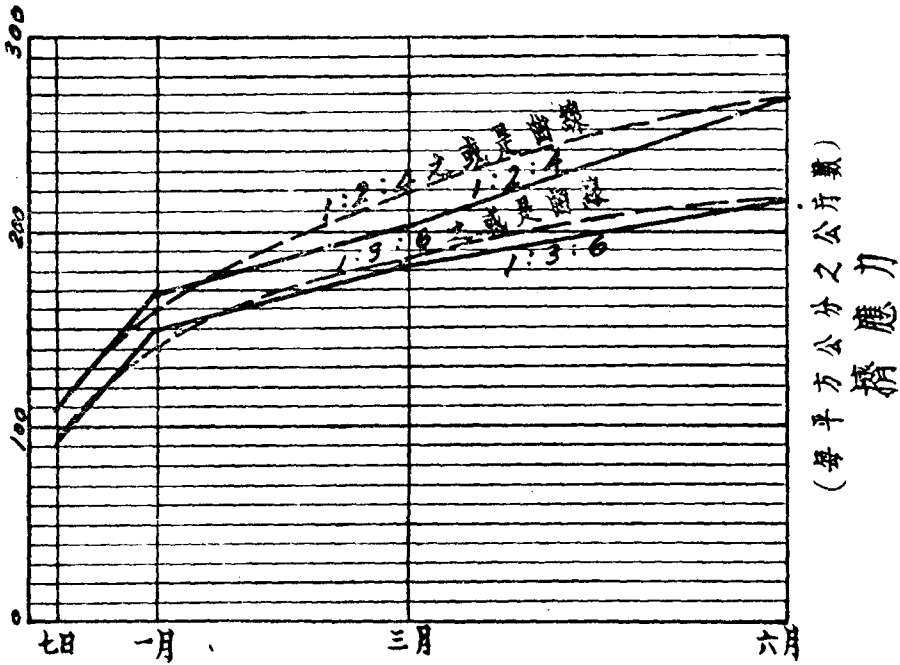
一伸縮接縫，使混凝土得隨溫度之變遷而自由漲縮，否則雖不為車輪壓碎，而其伸縮之力，亦可自生裂紋。再如基底之關係，亦為鋪築混凝土路面之重要問題。設如第二十八圖，車輪行於路面之A B一段，若混凝土路面下之路床承托力強弱不勻，則該段之路面，無殊受一橫樑作用，即兩端擱於A B支點，而中部載一車輪之重P，勢必破裂也明矣。故路基之設置，最要以承托力之強弱度一致為要。

混凝土之原料成份，通常用1:1½:3、1:2:4、1:3:6等，例如1:2:4之比數，即水泥一份，黃砂二份，及碎石四份之謂。指結實及淨乾之體積而言，水泥之鬆實，頗無標準，故亦有將水泥之重，合成其結實之體積以代者，（如以一千五百公斤作一立方公尺計）混合物中所含之水泥愈多，則混凝土之抗壓力愈大，而其所費亦愈多。以道路建築言，下層之基工混凝土，約為1:3:6或1:2½:5足矣，上層則用1:2:4者為多。

混凝土之重量，每一立方公尺約自2.3—2.4公噸，其最大抗壓力，隨時間久長而遞增，參閱第二十九圖，通常作試驗用者，以混凝土拌和及製成形體後經二十八日之硬化期，

第二十九圖

橋樑道路工程學



期齡
混凝土之擠應力與期齡之關係圖

在此期齡時，其最大抗壓力，約自每一平方公分 80—900 公斤。

第二節 材料

混凝土之強度，除配合數。拌和水量及保養等人事方面之關係外，對於三大原料之選擇適當與否，尤不可不特別注意，試分述之：

(甲) 水泥，水泥為混凝土中唯一的凝結物料，其關係之重大，不言可知，鑑別水泥之良窳，應作種種之試驗，如初凝試

驗，硬回試驗，擠力及引力試驗等，皆須有相當之器械及專門學識，可將料樣送國內各材料試驗處代辦，因限於篇幅，姑從略。但以大體而論，製造公司之規模大而歷史悠久者，自較可靠。水泥之種類頗多，以其成份而論，有鐵質，鉛質等分別，就其硬固之遲早而論，有急性，平性兩種，就其製成之混凝土而論有灰色，白色，及各色之分。又如普通水泥多不能在水中硬化，若建築物之須在水中硬化者，須用特製之水硬水泥。水泥遇水即凝，即空中之溼氣亦足以破壞水泥之強度，故紙袋包裝之水泥，不宜久藏，儲藏水泥之處，須擇乾燥及不為雨水侵襲者為最要。若水泥由桶中或紙袋中卸出，有已結成硬塊者，非受水滴之影響，即為儲藏不良及出品陳舊，非經確實之試驗，切勿可用。現時各國通用之水泥，為普德蘭水泥，即吾國各大水泥公司如啓新之馬牌，上海之象牌及龍潭之泰山牌等，亦皆屬此類。水泥之良者，除擠力引力之強度外，其初凝期須緩而硬化期須速。混凝土之澆入木模之期，若已在水泥初凝作用之後，則其強度立減，故水泥之初凝時早於十五分鐘以前者，不合普通之用。又設其硬化之期過緩，則木模等不能在

短期內拆卸或路面不能於短期中通行。故各國於交通繁盛之路，用急性水泥，經二十四小時之硬化期，即可通行。惟此種水泥，國內尚不通用，因其製法艱而市價極昂也。

(乙) 砂礫。黃砂與碎石，原屬同一性質之物體，而其命名之異，無非就其夥粒之大小以爲判，但嚴格言之，又無一定界限。就建築方面言，姑定一界限以分之，卽粒體之大於六公厘者爲石，而小於六公厘者爲砂。混凝土中需要之砂礫體性，不外清潔，堅硬，富耐久性，及粒面不包蔽雜質者，最忌含有害之塵土，粒體柔軟，鬆脆物質，泥片岩，鹽基質，有機物及土塊等。

混凝土中所用之砂礫，通常爲山峽間之卵石，壓碎之砂石，花崗石，火成岩，及火爐中之殘滓等，天然出產之卵石，不免有粘土類，石灰類，膠泥，塵埃，及有機物等之攙雜其間，但可用清水沖洗法以除去之。工業區之殘滓，倘不含別種有害之物，不但可充碎石若壓成粉粒，亦可代黃砂之用。

任何類之砂礫，其每一單位容量之重量，與粒體間之空隙百分數爲反比，此空隙之百分

數，與顆粒組細之量及粒體之形狀等，互有關係，下表為美國各地之天然砂及石粉之比重，空隙百分數，體重等之相差限度。

砂料	相 差		限 度		受試驗之總數
	比 重	空隙百分數	每一立方英尺之磅數		
天然砂	2.36—2.72	26.8—46.6	82.8—119.9	200	
石 粉	2.49—2.90	32.7—49.5	80.7—120.0	34	

比重之定法，將已知重量之物料，加入於儲水或煤油之量器中，得其所增之體積數，將此數除其重量，即為該物體之比重數。砂料中之雜有粘土者，與其比重無多大影響，故通常用平均值2.65為黃砂之比重可矣。

求每一立方英尺中黃砂之重量，與其粒體之大小及形式，量器之大小及形式，與傾入器內時之情形，不無相當關係，故於實驗室中，用特製之量器及特定之量法量之。已知每一立方英尺之重及比重，則其空隙之百分數可按下式求之：

空隙百分數 = 100 — $\frac{\text{每一立方英尺之重}}{62.3 \times \text{比重}}$ [16]

空隙百分數愈少之砂，即需用水泥愈省，同理碎石空隙百分數愈小，則應需之水泥與黃砂之混合物（通常稱作水泥砂漿）愈省，亦即所須之水泥愈省。黃砂顆粒之大小，影響於水泥量之增減，其理由為同一容量之兩種砂樣，其大者則粒數少而其總表面積小，反之則顆粒增而總表面積反大。混凝土之凝結一體，全恃水泥之凝結作用，故在同一容量之砂粒若其總表面積大，則應需之水泥量自增。黃砂粒面之須潔淨而不宜包蔽粘土者，其理由亦可於此說明之，因黃砂粒體表面，若為粘土包蔽，則與水泥混合後，水泥實包蔽在粘土之上，原未與黃砂凝結一起也。

由上之說，似乎黃砂之顆粒愈大愈佳，但同時仍須不悖空隙百分數之愈小愈佳原則，故黃砂之大小，應參差不等，而極小之顆粒，其直徑為0.15公厘者，應不超過百分之五之限度。

用於築路上之石塊，其最大粒體，以直徑三十八公厘為限，其顆粒之須大小不一，理由

與黃砂全。碎石之硬度，須一律均勻，不得用兩種硬度相差之石料，混在一處。

(丙)鋼筋及鋼絲網，鋼筋混凝土路面上所用之鋼料，分鋼條及鋼絲網兩種，試分述如下：

(一)網筋

路面上所用之鋼筋，大都為六公分至十公分(“ $\frac{1}{2}$ ”——“ $\frac{3}{4}$ ”)直徑之圓斷面形或正方斷面形、由機製之進步，現時所用之粗鋼筋，其表面多製成各式之節紋，以增加鋼筋與混凝土面之黏合力者，謂之竹節鋼。但直徑較小者，其斷面積與面積之比數較大，可不必苛求。通常所用之鋼筋，性質軟和，故稱之為軟鋼(mild Steel)其彈性限(見第十一章)約為2100 kg/cm² (30,000 #/□)故設計上所用之設計應力(見第十一章)。約自1000—1250kg/cm² (14,000—18,000 #/□)。近數十年中，各國之製鋼專家，咸努力於硬鋼之製造法，以增進鋼筋之強度，據各方之報告，其彈性限可增加至兩倍於軟鋼之數。但因硬鋼之成分中，含炭素較多，故性脆而易起裂紋，且其強度，隨製造之得法與否而高下，不如軟鋼之一致，故設計上之設計應力，仍不能按其彈性限之比數而提高，約以 1700kg/cm²

(25,000#/口)爲限。

鋼筋之試驗分物理與化學之兩類，應用各種精密之試驗器作試驗者，姑略而不詳。今茲所述者，爲工地上所輕而易舉者，約如下述！

(1)彎曲試驗，將應試之鋼筋，繞於某直徑之軸上而彎曲之，彎至某一角度，察其彎曲之裏外兩面，應不發生裂紋，方爲良品。彎曲時不得加熱。某尺寸之鋼筋繞某直徑之軸彎曲至某種程度如下表：

直徑或邊長 (t)	鋼		竹		鋼		冷拗鋼筋
	平	鋼	筋	節	鋼	筋	
19公分以下	軟鋼	180°	硬鋼	180°	軟鋼	180°	180°
	180°	d = t	180°	d = t	180°	d = 3t	d = 2t
19公分以上	軟鋼	180°	硬鋼	90°	軟鋼	90°	180°
	180°	d = t	90°	d = 2t	180°	d = 3t	d = 3t

〔註〕
表中 t 爲應試鋼筋之直徑或邊長
d 爲繞軸之直徑

(2)重量試驗，某種直徑之鋼筋之重量，有一定之重量(見附錄中)任取若干數之鋼筋而秤其實重，若超過或不足於應有之重量，在百分之五以上者，不應採用。

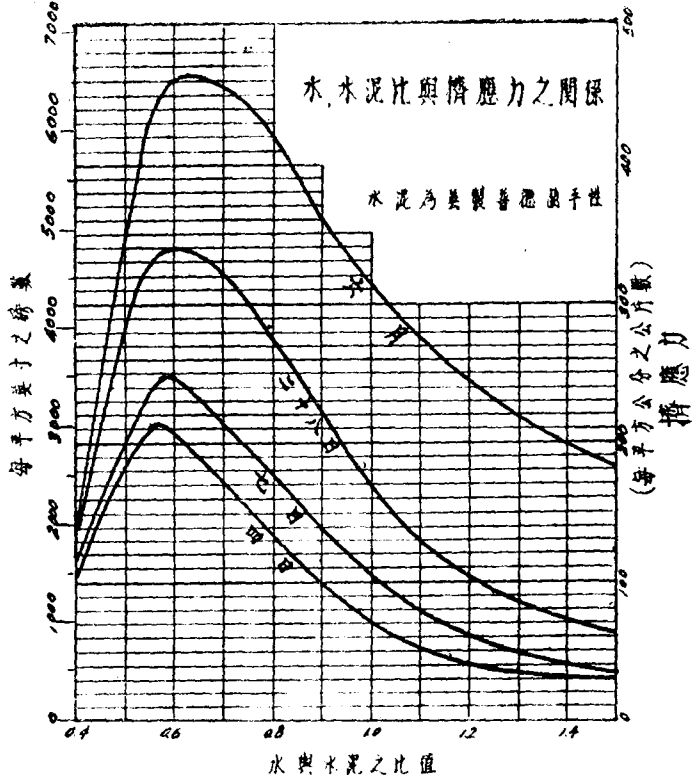
(3) 表面觀察，若鋼筋之表面，有各種之缺點及裂紋者，不得採用。縱鋼筋與橫鋼筋交叉之點，應另用細鉛絲紮緊，以防脫滑。

(二) 鋼絲網

鋼絲網之種類極多，普通多藉機器製成有孔之整片材料。最近自電鍍問題成功後，以鋼絲用電鍍法鍍成網形，對於路面之建築，尤為合宜。且因電鍍術之高超，故搭接處無殊聯成一體，對於鋼筋與混凝土之移滑問題，更有恃無恐。且所用之鋼絲，多用冷拗法製成，故強度亦大。凡普通築路上所用之鋼絲網，其直徑及孔距等均按道路之等級，製成各種標準尺寸。

(丁) 水質及水量，混凝土中所用之水，以清潔不含他種物質者為要。用海水拌和之混凝土，可延緩其凝結時期，若所含之鹽質在百分之五以上者，不可用，普通可作飲料之水，用於拌和混凝土當無大害。至於含水之量，在混凝土之調製上，關係殊大。若水泥砂礫人事等之與混凝土強度有關者相同時，混凝土與含水量之多寡，可由第三十圖之曲線

表示之。圖中所代表之混凝土，其水泥為英國製造之平性水泥，比數為1:2.5，硬化期二十八日。由該圖可知水與水泥之比數若為0.6時，其強度最大，過與不足，均足以遞減



圖三十第

其應力。但此數在鋼筋混凝土建築上，及建築之斷面不大者，事實上有混凝土搗不結實之慮，故以用比數 $0.8-1.0$ 為最高限度。至道路建築上，因其斷面平坦，即用鋼筋者，其間隙亦大，混凝土易於抵達各處，若更能用震動機之壓力，則其比數當以 0.8 為最高限。

甲種混凝土之成份為水泥一份與砂礫八份，若所加水量適當，則混凝土之強度，可不下於乙種混凝土之為水泥一份，和砂礫六份之配合值，若其所用之水較多於最高限度者。就工作而論，用水較多者其澆搗易，故一般工人，多因貪圖輕易喜用過量之水，故身任監察之責者，尤應特別注意。

第三節 水泥混凝土之配合法

混凝土之調和成份，歐美在十餘年前，多用體積比數法，如 $1:1\frac{1}{2}:3, 1:2:4, 1:2\frac{1}{2}:5, 1:3:6, 1:4:8$ 等，此法在吾國各地，仍沿用之。但近十年來，在美國之建築界

，已一律改用預定強度法，其最大理由（一）虛耗昂貴之水泥，（二）黃砂吸收百分之五之水量時，其體積可膨漲至百分之三十以上，難符預定之比數，（三）人工量法之或多或少，以及粒細係數，空隙百分數等等。至預定強度法，因學理頗繁，今試述一近似而較易之配合法如下。先定混凝土之需要強度後，由第三十圖之曲線，可查出水與水泥之比數，在指定之稠度限內，其所用之砂礫數量，當然以愈多為愈經濟。按之結實原則，可用嘗試法求之如下。用一已知量之量器，量乾砂及碎石，作種種不同之百分數，如30, 35, 40, 45, 等，其混和後每一單位體積之最重者，即為配合成份最適當而最結實者。至於乾砂濕砂之體積膨漲關係，可先將濕砂量其體積，次將濕砂烘乾，再量之。則其膨漲關係，即可求得，砂與碎石之適當比數既已確定，先照已知之水與水泥之比數，調和成漿糊狀，即將配成之砂礫混合物逐漸加入，至其最高稠度限為止，則水，水泥，黃砂，碎石等之配合比數均確定矣。試驗混凝土稠度之高下，通常用坍陷試驗以定之，其法用金屬板製之上細下粗之圓套管一，其上口直徑為四英寸，下口直徑為八英寸，高十二英寸，兩旁各鑲

一把手，此外另備直徑 $5\frac{1}{8}$ 鋼條一支，長 $12'$ ，及光滑平板一塊，先將套管置平板上，然後取已拌和後之試樣分次填入該套管中，每次厚四英寸，每層用鋼條插三十次，至最上層插實後，即將套管抽去，量其坍陷之英寸數，如坍陷後之高度為八英寸者，即其坍陷為四英寸。例如第三十圖所示之混凝土，其水與水泥之比與坍陷數之關係，約如下表：

水份比數	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
坍陷數	0.	0.2"	1.4"	3.8"	6.2"	7.05"	7.29"	7.43"

若碎石中亦含有水份，須作水份比數之校正時，可用上述之混凝土坍陷試驗以定之。水泥之為別國，別廠或別種牌號者，其水份比數及強度等，不無稍有出入，應用料樣之試驗以增減之。

第四節 設計

(甲) 坡度

最大縱坡度爲百分之八。

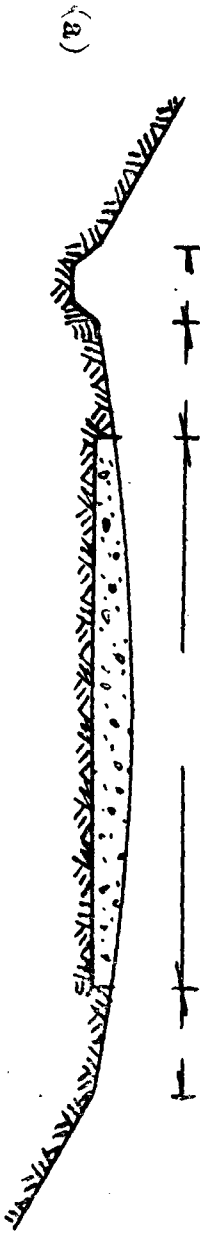
(乙) 橫斷面

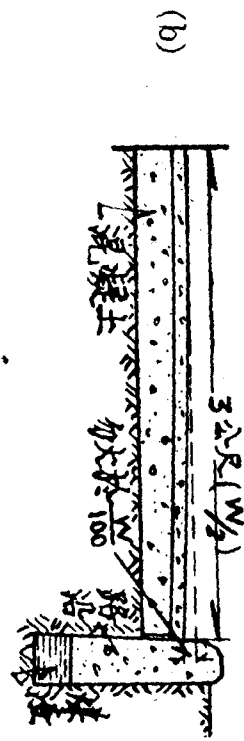
(1) 路基橫斷面

路基有平坦者，亦有成曲線形者。然普通以平坦者居多。蓋平坦路基之鋪面，可減少混凝土縱向之龜裂。

(2) 路面橫斷面

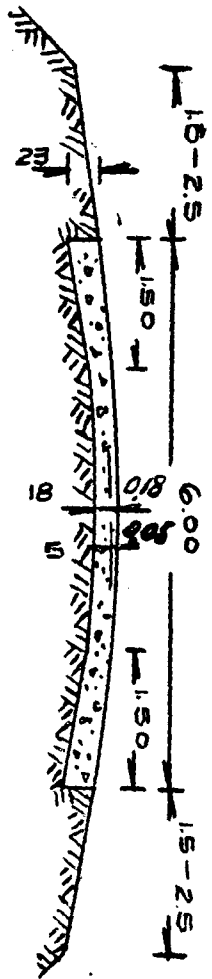
混凝土路面，不因雨水而軟化，且路面光滑，易於排水，故其拱度，可較前述各種路面爲平。普通5.0—6.0公尺之路幅，其路拱爲四公分至五公分。其最小限度爲百分之一，及最大限度以不出五十分之一爲當。混凝土路之橫斷面圖，如第三十一圖。若混凝土中





第三十一圖

，加用鋼筋或網絲網者，則不但可避免裂紋等等發生，且可減小應鋪之厚度，如第三十二圖。



第三十二圖

(丙) 厚度

普通水泥混凝土之建築，其度厚以十五公分至二十公分者，最為適當，如路之寬度為六公尺者，則其厚度以十八公分為宜，此為建築混凝土路之標準值。

丁 伸縮接縫

路面遇熱則漲，遇冷則縮，爲各種物件共同之性質。混凝土自不能例外，故路幅之狹者，其縱向之兩旁路沿處，及橫向每隔相當距離，應設置接縫。若路幅之寬者，應於其路中心及兩旁路沿處，均須設同樣之縱向接縫。其距離之長短，視各地之最大及最小之溫度差而不同，但普通以每隔十五公尺至二十公尺，設置接縫一道爲度。此外在改坡度處，及路沿石處，亦應加設接縫各一道。通常所用之接縫寬度，約爲六公厘。接縫之最簡單者，於澆搗混凝土前，將指定設置接縫之處，先嵌光滑之鋼板一條，俟混凝土硬固後，將鋼板抽出，用熱柏油地瀝青等黏性物料塞實，亦有用特製之金屬接縫品等以代者，惟不如上法之低廉，且金屬物若露出路面，則兩種物件之磨耗不一，致將來發生隆脊，亦頗不當。

戊 排水之佈置

混凝土路，以路面排水言雖較別種材料等易，但使佈置不當，排水不完，則對於路面之

壽命，有極大關係。因混凝土中不無空隙，水即由此滲漏入路床，路床泥土，受路面滲入之水，在夏季受積體膨脹，在冬季因冰凍等收縮作用，使路面到處龜裂。龜裂愈多，則滲漏愈易，路床軟化後，路面再受重車輪壓力，則道路之破壞，可立而待矣。又如地下排水之佈置，若路床土質之不易排水及易為水份軟化者，亦不可少。如第三十一圖(b)路沿下之煤滓部份，即為路基排水之用，或用預埋之陶管等亦可。路床排水之問題，必先於築路之前，佈置妥當，若路面已經築成後，而發生陶管太小，排水不良，或中途受障礙等，不但施工困難，工費不貲，且路面之修補，留有遺跡及弱點，實非築路上所許可。

第五節 建築

(甲) 混凝土之拌和法

混凝土視用量之多寡，分人工拌和及機器拌和兩種。以築路而論，其所需之量，自

屬不少，應採用拌和機以求迅速，若修補缺陷等零星小工，自可用人力拌和之。

人力拌和法，先備鐵鏟，量器，磅秤及金屬或平滑不透水之木板平台，其大小視每次所拌之容量而異，普通約須二·五至三公尺見方。按預定之配合比數先將黃砂及水泥用乾拌法，反復拌至色雜一致，然後將相當量之淨水及碎石隨加隨拌，至少須反復攪拌四次，使碎石之周圍，完全膠黏砂漿，顏色調和爲度。

機器拌和法，按拌和機器承受器容量之大小，將黃砂水泥碎石及水不妨同時傾入，其滾轉之時間，視輪轉之速度而定，普通每分鐘，轉二十五次者，約須一分半至兩分鐘之久。通常用之拌和機，其承受器之容量，約爲 $\frac{1}{3}$ 立方公尺，而每次所拌之混凝土約爲 $\frac{1}{4}$ 立方公尺。

混凝土拌和後，若隔十五分鐘之久，尙未澆填者，應立即廢棄，不得復用，凡拌和器平台拌機及轉運器等，必須隨時清理，不得將第一次拌好之餘料，夾入下次之拌料中。至於水量及水泥等之數量，尤應責令負責之監工人員監視，萬不可假手於工頭及工人

(乙) 路床之修築

若所築之地，係屬新路，則除剷除障礙物如樹木等類外，須理平其基面，如遇土質軟弱之處，尤須加鋪石料等，以求頂托力之一律。

(丙) 下層混凝土之築法

混凝土路之分兩層建築，其理由爲上層受車輪之集中重，及受車輪之磨耗作用，故以較強之混凝土鋪之。下層則負力較小，不受車輪之磨耗等，故爲節省起見，可用較弱之混凝土。下層之任務，爲承受上層之載重分佈至路床，使道路不受壓力及衝擊力所破壞。其應有之強度，視道路之等級，及路床之強弱而轉移，就普通而論，其配合比數，約爲 $1:2\frac{1}{2}:5-1:3-6$

(丁) 上層混凝土之築法

上層所用之石料以六公厘至十三公厘者爲最小及最大限，始鋪成之路面，易於平糺

。其配合比數約爲1:1.14:2.11:3.33上層之鋪置，以愈早愈佳。若下層已經硬化，始加鋪上層，則兩層之間，必不能聯合一體，致呈分裂現象。上層之混凝土填滿後，應用長柄泥鎚等物，再三輾壓，令其平坦。若混凝土之搗實，利用最新之震動力者，當路面完成時，橫置工字樑一支，使震動力由工字樑直達混凝土面，如是則混凝土用水之量可減，且壓實之混凝土，益增緻密平滑，既可減小磨耗，且抵抗力亦強，實爲混凝土工程上之最新利器。

(戊) 鋼筋之鋪置

混凝土之鋪置寬度，在六公尺以上者，或爲環境之需要，而加用鋼筋或鋼絲網者，其鋼筋之位置，不應小於路面下五公分之距，又如在接縫處，鋼筋之末端，應在混凝土邊五公分以內，但亦不應露出於混凝土外面。至於鋼筋之數量，縱向最少爲路面每公尺寬 0.8 平方公分，橫向則每一公尺路面之長，最少用一平方公分。在普通築路上所用之鋼料，以採用鋼絲網者爲便，因其佈置便捷，及紮工亦省。若用鋼條搭配者，其所用之

鋼條直徑，最小以六公厘（或 $\frac{1}{4}$ ）爲限，縱橫鋼條相交之點，應用相當粗之鉛絲繫緊，以免鬆動。

（己） 混凝土之保養法

混凝土當新澆後之若干日內，因其表面之易於蒸發及滲漏，故最先乾燥及硬固，而內部則較緩，致全體不能一致，是爲傷損混凝土之最大原因，裂紋之起，大半亦由於此。故混凝土在此期內，應特別保護，使其表面常溼及勿令烈日接觸。普通在澆搗混凝土之數小時後，路面上加覆蓋砂一層，或用水泥紙袋及特製之保護紙等覆蓋之，並時時洒水其上。其時間約十日或兩星期，視當時之溫度高下以增減。道路之通行期，應在保養完成以後，若在氣候寒冷之域，最好能在一月後方可通車，因混凝土之強度，隨日期而遞增，倘先期通車，混凝土之強度，尙未能抵抗此重車輪時，其摧殘路面常無遺矣。

（庚） 寒季施工法

混凝土之硬化期，隨溫度之高下而捷徐，溫度太高，則其凝結作用提早，故澆搗之

期以愈早爲愈佳。若溫度太低，則其硬化作用既緩。一切拆卸木模及保護期通車期，亦隨之而延長。若遇極寒之季，則混凝土拌和後未及硬固，而其所含水份，已先冰凍，則其爲害之烈，可令混凝土完全成爲無抵抗力之廢物。故在此時期，最好以停止工作爲佳，如屬必不得已，當拌和時應先將碎石黃砂及清水逐一加熱至相當溫度，澆搗之地並須擇陽光照射之處，入晚又須用人工加熱法，保持相當溫度，及澆注熱水，至少以十日爲度。

第六節 修路

混凝土路與其他路面處同一情形之下，欲求修理費之節省，必須隨時視察，遇路面有凹陷或裂紋發生處，須隨卽修補，以免破壞部份之擴大。此種修補工作，在各國有修路工程隊之組織，以專責任。至於修補之方，先將裂紋部份，用鋼絲帚掃淨路面塵埃等，將溫度在百度表一百零七度之重油灌實，所灌之重油，須略高於路面及伸展至裂縫之

兩邊，經數分鐘後，再加極乾之粗砂，用鏟散佈其上，即可任令車輪通行，藉車輪之壓力，將面上之砂，擠入重油縫中，以求緻密，同時且可將過量之油質帶走，使填補之縫，成一光滑平面，惟此種工作，最宜在乾燥之夏日，每年修補一次即可。上述之重油，亦可用地瀝青以代之。

若修補之面積較大，如路面之因裝設自來水管，或導電路線，及樹立電桿等而拆成之洞穴等，則原有之路面混凝土邊，應先修鑿成垂直面，路床之泥土或砂礫，尤須注意，俾修復其原有之硬度及平正，始可將混凝土填補其中，混凝土之比份及性質，務必與舊混凝土無稍出入，並照前述之上層建築法同樣蓋面。但新舊兩混凝土間，經相當時日後，勢必日成裂紋，無法避免。此可照上述之裂縫修補法，另行修正之。

第七節 特質

水泥混凝土路之優點

- (一) 牽引阻力小。
- (二) 具有相當之耐久力。
- (三) 塵埃不生。
- (四) 磨耗亦小。
- (五) 修理工程小。
- (五) 雖黑暗之夜，亦較易辨識。

水泥混凝土路之弱點

- (一) 易生龜裂。(由氣溫之變化，基床之陷落，及硬化之遲早等)
- (二) 路面有細塵時，雨天即感太滑。
- (三) 太堅硬，缺乏彈性，因之震動力大。
- (四) 施工方面之人事，難求一致，偶一不慎，即預期之強度，不克符合。
- (五) 加裝路面下之工作時，拆除及修理費極大。

第九章 柏油及地瀝青路面

第一節 總論

碎石路之築於城市中者，一則因破壞易而修理繁，一則因旱天之塵灰雨季之泥濘，使市民及旅行者，均有不愉快之感，故美之支城 (California) 卽首先利用瀝青油類及煤油殘滓之屬於泥路及城市中之路面，恰逢路面材料之適當及油類品質之優良，故成績極佳，引起各方之注意，但此種初期之嘗試性質建築法，在同一美國之別處，用不同之油類，材料及天氣之差別則所得結果，不無懸殊。其用重油與泥土和合之路面，而車輪之載重較大者，大都無良好之結果。油類之爲液體者，用於泥路之面，因其避免泥土飛揚之特效，故用者漸多。同時因載重之增加，及泥路承托力之薄弱，於是再用碎石築底層，而用瀝青膠泥代碎石路之灰漿膠泥，使其凝結作用，更加偉大，而成現代之最高級道路路面。

第二節 材料

(甲) 柏油 柏油由蒸餾石炭而得，爲煤氣廠及煉焦廠之副產物，在攝氏表零度以下，逐漸凝結，溫度漸高，則凝者復逐漸軟化。至攝氏表六十度時，化成黑色液體，逾八十度即起沫，如牛奶煮沸時外溢之狀。其物質爲各種炭氫化合物混合而成，其混合之成份，則至不一致。緣各種炭氣化合物，彼此各隨其環境，自相化合或分解。就大體而言，柏油含有水分輕油中油重油與地瀝青。在攝氏表一百七十度以下，水與輕油次第蒸化。輕油中大部分爲安息油，由一百七十度蒸至二百三十度，中油逐漸化解。中油中富含石腦，故亦稱石腦油。由二百三十度蒸至二百七十度，重油亦難存留，由二百七十度蒸至三百六十度，綠油腦油繼之化散。此油可用以溶化柏油及地瀝青。蒸至三百六十度以上，則蒸餾器中祇剩渣滓。是爲地瀝青。若再增高溫度，至於紅熱便成焦炭。

築路上所用之柏油，以富含重油及地瀝青而無水分輕油者爲佳。但中油亦須保留相

當成分，使用時柏油仍爲流動之液體足矣。若輕油及中油之含量過多，則路面受太陽之熱力及空氣中化學之作用，致易於蒸發之油，必自然逐漸化散，路面因之陸續消縮，更易破裂。是柏油中多含輕油與中油，於路面有損無益，徒使工業中之貴重安息油，無代價的化散於空中，未免可惜。重油雖在高溫度中，始能分解，然因種種之外力之迫壓，卒亦必起變化，惟爲期較長。柏油路面，經若干年猶具有彈性，足以抗禦各種破壞力者，賴有未化解之重油耳。微此油，則柏油中之主要物體，祇餘地瀝青，硬而易碎，不克耐用矣。

(乙)地瀝青，地瀝青分人造，天然及岩石三種，人造地瀝青，詳見甲節爲黑色固體，具黏性之物質也。此種含有地瀝青之原石油，墨西哥及北美合衆國出產最富，幾十年來，各國築路所需之地瀝青大半仰給於彼。天產地瀝青最著名之地，爲南美特立尼達島(Trinidad)。產於是島之地瀝青，其中多雜砂土，但屬纖細之石英與黏土，且混雜極勻，實爲鋪築地瀝青路面所必需之最優良天然粉末，其宜於築路之用也固矣。地瀝青岩石(Rock asphalt

），乃岩石之含有地瀝青者，以岩質純淨，不雜他物而地瀝青均勻膠附於岩粒者爲佳。無論何種之地瀝青，凡用於築路工程者，其良窳必以其所具之膠附力結合力柔韌性是否合度爲斷。此試驗地瀝青之所必要也。所謂膠附力者，卽地瀝青膠附於石子與砂粒之力，其強弱與柔韌性成正比例。柔韌性薄弱者，則性脆，易起裂紋。地瀝青路面之常現裂縫，甚至發現罅隙者，推其原因，大都爲地瀝青之膠附力薄弱故也。結合力乃各分子自相結合之力，與耐力同一意義，地瀝青若缺乏相當結合力，則築成之路面，必現車輪經過之轍迹，是路面之毀壞，不過時間之問題矣。地瀝青之結合力，與柔韌性不能雙方並進，結合力強大之地瀝青自可增進路面載重之能力，然其質脆，路面必易破裂，因之潮濕透入路床，爲害甚大。反之如地瀝青賦有充分之柔韌性，則耐力必形薄弱，且天氣炎熱之時，路面每至軟化，礙及交通。此中得失，貴在適當之調劑。大抵在某種氣候及交通狀況之下，所用之地瀝青，無論其爲天產或人造，必須用溶化油（*Bitum*）調之，其數量則以所需要之結合力與柔韌性爲衡。此種溶化油，或爲石油中所含之重油，或爲柏油

石臘油及其他礦油。地瀝青之穩定性，可別爲物理與化學兩種。倘膠附力結合力柔軟性，均不隨溫度而改變，則其物理性質，便稱穩定。從化學方面觀察，如地瀝青中所含之物質，在某環境中，易起化學變化者，則其物質之結合，即缺乏相當之穩定性，非良好材料矣。

(丙)石料，地瀝青路面所用之石料，其粒體之大小，可自九公分至十分之一公厘，可謂極大小不一之至。石質之如何，視其所用之位置而區分，路面層或稱磨耗層，宜用花崗岩雲斑岩玄武岩及其他同等之火熔岩。但亦要在石子與地瀝青膠結力如何，岩質堅否，不必苛求，底層可用較次之石料，如石灰石，化解之花崗石等，餘如石礦中之殘料，熔爐中之熔滓，以及碎磚及其他同等之材料，亦在可用之列，但用質次之石料，即宜增加地瀝青之數量，且地瀝青亦不宜用之太多，因多則和成之料，又太軟矣。石料之應爲碎石或礫石，各專家之主張不一，似無重大關係，當以料價之廉否而取捨。底層所用之石料，通常爲六公分，在美國間有用九公分者。至於路面之石料，最大鮮有逾四公分者，



通常在二公分半以內，其最大之尺寸，約爲路面厚度之半，但美國則增至厚度之十分之七。

石料黃砂之粒體宜大小參差，方可增加其混合料之比重，比重愈大，則所築之路面愈結實，與混凝土之混合料同一理由。實際所用之砂石，未必能採取比重最大者，或甚至相差極遠，賴有粉末與地瀝青之調劑其間，故尙無大礙。

(丁)粉末，地瀝青混合料中，必需參入粉末(Filler)，已爲世界各專家所公認。其功效在使地瀝青路面益臻結實，并不易受溫度之增減而變化。粉末之顆粒宜細，照普通規定，必須完全通過80號篩，并至少有百分之六十五至八十能通過第200號篩者爲度。其性質以善與地瀝青膠結而不含與地瀝青起化學作用者爲合用，最通用之粉末，爲石灰石粉，普德蘭水泥粉及水凝石灰粉等。

第三節 設計

橋樑道路工程學

(甲) 坡度

坡度以百分之三爲當。

(乙) 橫斷面

度橫坡約爲車道總寬之四十分之一

第四節 建築

柏油與地瀝青之建築法，隨各地之環境及需要程度，分爲柏油灌碎石路，柏油碎石路，地瀝青岩末路，地瀝青混凝土路，地瀝青碎石路，及地瀝青灌碎石路等，皆由其所用之材料及建築之程序上，稍爲變化，至其大體實不相懸殊，茲分別申說如下：

(甲) 柏油灌碎石路

普通碎石路之受車輪破壞者，由其膠粘物料之易於吸起及飛散，破壞碎石之團結力，已詳碎石路章。欲使吸力無能爲害，必須利用富於黏性及廉價之物料以代之，灌注柏油，

卽爲有效方法之一也。

柏油之灌於碎石路面，可分冷灌及熱灌兩種。惟冷灌法成績較遜，就熱灌法而言，先將柏油煮熱至攝氏表七十度左右，然後貯以噴壺，循面之橫向，均勻澆下，同時用刷或他種膠皮器就路面調平之。務使柏油勻佈於路面，無或多或少之弊。壺口宜配製濾油鐵紗，使裝入壺中之油，不含渣滓，則噴孔可不致堵塞。惟此種灌油法，不但難於均勻，且工率甚低，柏油熱度因之減低，尤足減其功效。故路政規模稍大者，宜購用特製之油車。

油車之構造，分爲兩種。其一利用油之本身重量，使車中之油，自高處流入噴管以噴出，但其速率必隨油之重量，逐漸減低，仍有灌油不勻之病，故同時仍須用刷或帚將澆於路面之油分勻。亦有油車上加裝自動之勻油器者，效率既大，成績亦佳。其二係於車上配備壓氣機，與貯油箱聯通，箱中之油，受汽壓之擠迫，從噴管射出，其優點在柏油受壓射出，着地尚有餘力，故滲入路面必較深，且汽壓始終不變，灌油自極均勻，惟

此項機件較繁，故售價亦昂也。

論柏油之本身，其耐壓力，原不足道，路面灌油之有效者，半賴柏油滲下，膠附於碎石，使其互相團結，平均負重。半賴凝結於路面之油皮層，憑藉其富有韌性，代路面抵抗其他破壞力，故灌油之法，要在使柏油深入路面之碎石層，無孔不入，并至少須滲下四公分。欲達此目的，切須遵守下列數則：

(一) 路面塵土，最足爲柏油下滲之障礙，在灌油之前，必須將路面用人工或機械清除淨盡，要在使碎石路面完全顯出，不留纖屑塵埃，但又不應破壞其團結之狀態。在城市內，用自來水沖洗最爲妥當，但水力亦勿宜過猛，免損路面。

(二) 柏油必須熱至攝氏表六十度以上，或七十度，使油質能流動暢快，然後灌於碎石路面，始易滲下。若液體濃厚，則滲漏力不強。

(三) 路面須十分乾燥，否則柏油不能下滲，故雨後及潮溼之季，不宜施行灌油之工作。

(四) 灌油工作，最宜在乾燥之夏日，冬季路面寒冷，縱使柏油熱至相當溫度，一與路面接觸，溫度立降，成績自必不佳。

(五) 修築碎石路面，不應用含有粘土之砂，因砂中如雜有粘土，路面即不易透水，柏油亦無從滲下矣。

(六) 舊碎石路面，大抵不易透水，若灌以柏油，必徒勞無功，應從新翻修，而後再行灌油。

(七) 路面如有凹凸不平之處，務先修補平整，否則灌油不勻。

(八) 灌油工作，宜一氣完成，不可或作或輟。

路面灌油完竣，即散佈一公分至二公分粗之石屑于上，并運用路碾，碾壓平實，石屑之數量，以適足容納於油中為度，其作用在使路面壓實後，不致過於光滑。最後復散黃砂一層，約厚半公分至一公分，交通即可恢復。倘能暫時斷絕交通，則可待路面凝實後，再行散砂。

碎石路面之灌油量，殊無一定之標準，若分兩次灌澆，第一次每平方公尺，約須灌油二公斤，第二次每平方公尺約灌油一公斤。

(乙) 柏油碎石路

柏油灌碎石路面，雖足抵抗汽車速力之破壞，然其載重之能力，究未能充分增進。職是之故，此種柏油路面，祇適於輕便汽車繁多之路，未足以應現代重車交通之需要。所謂柏油碎石路者，即英語稱爲 *Tar macadam* 者，其造法分滲漏與混和兩種。滲漏法係將柏油澆碎石層上或下面，并運用路碾，使柏油受壓力而擠入石隙，附黏於各個碎石面上，使其結成一體。混和法則先將柏油與碎石分別加熱至相當溫度時混合之，而後送至工地，鋪平壓實，二者之目的均在增進路面耐力。柏油碎石路之動機，蓋即發生於此。

滲漏法盛行於美國，先鋪碎石路基一層，厚十五公分至二十公分，用路碾滾壓，至上面呈齊整之狀態時，再加鋪潔淨大石子一層，復運用路碾，如修築尋常之碎石路然，此層厚度，以壓實厚有六七公分爲準，壓實後即以熱至攝氏表 120° 度至 150° 度之柏油，按

每一平方公尺八公升之率，藉汽壓灌下，以增其滲漏能力。灌完以後，即散小石子於面上，以足敷充塞碎石間之空隙為度，仍運用路碾，壓至路面呈現結實狀態時，再按每平方公尺二公升半至四公升之率，灌以熱油，上散細石屑，并施最後之滾壓。

石子及細石碎之粒體，美國材料試驗協會規定如下：

(一) 大石子粗自三分至六公分，或六公分至九公分，其通過三分之篩孔者，至多為百分之十五，而通過六公分篩孔者，至少為百分之九十五。或通過六公分篩孔者，至多百分之十五，而通過九公分篩孔者，至少百分之十五。

(二) 用以填塞空隙之細石碎，粗自二公分至三公分。其通過二公分篩孔者，至多百分之十五，通過二，五公分篩孔者，自百分之二十五至百分之七十五，通過三公分篩孔者，至少百分之九十五。

(三) 散佈於路面之小石屑，粗自六公厘至二公分，其通過六公厘篩孔者，至少百分之十五，通過一公分篩孔者，自百分之二十五至百分之七十五，通過二公分篩孔者，

至少百分之九十五。

碎石之石質，在美國之公路局雖亦有規定。然實際並不苛求，即石灰岩亦常用之。惟岩石之膠附力如何，頗爲重視。是以片麻岩砂岩石英岩片岩及板岩等，皆爲不適用之岩石。

混和法先將碎石置於攝氏表 65 至 120 度之溫度中烘烤，使其溼氣全消，能多多吸油。柏油則熱至 120 度至 150 度之間，其混合之成份，約爲每一立方公尺之碎石和柏油六十六公斤，或爲每一噸之碎石用油四十五公升（按容量而計，柏油約合碎石量之百分之五至百分之七）碎石之大小成份，約爲粗六公分者百分之五十，粗三公分至六公分者，百分之四十，粗二公分至三公分者，百分之十。碎石與柏油混和後，乘熱舖於已壓實之路基上，厚約一公寸，先用路碾，徐徐滾壓，而後逐漸加緊，壓至結實。復按每平方公尺二公升半至四公升之率，灌以熱油，并散石屑於面，繼續運用路碾，壓至路面呈現平整及完全不透水之狀態而後已。石屑之作用，在使路面略作粗糙之狀，不致過於移滑。

此法重在混和得宜，如碎石未全烘乾，或柏油未熱至適當溫度，又或兩者之分配不準，混和不勻，則結果俱難完滿。是以採用此法，多舍人工而用機械，除柏油多另行加熱外，凡烘烤碎石，及分析其大小，量計其數量與夫加入柏油，使其與碎石密切混和等各項工作，均在機械中施之。其成績之較優於滲漏法者，自因柏油碎石之黏着較爲完全及充分，使路面結成整片之混凝物體，平均負載重力，無形中增進路面之耐力。今日此法已完全工業化，各從柏油方面之研究，製成一種效力更大之柏油，或於柏油之外，另加一種有效物質，如Tarmac Tavia Teerbetonite等等皆是。惟此類特製品，皆屬專利，嚴守祕密，多不爲人所知。

(丙) 地瀝青岩末路面

先將地瀝青岩石用機力軋碎，并研成粉末，用篩篩過，最粗者約爲二公厘半，并至少有百分之八十至九十通過第30號篩，再將碎末炙熱至攝氏表120度至150度，然後送至施工地點。熱料卸下時，其溫度不可低於攝氏表105度以下，以鐵鏟鐵耙將此熱料均

勻鋪平於路基之上，若鋪工稍欠均勻，則路面便不整齊。熱料亦須源源運到，勿使先鋪者已冷，而熱料方來，致彼此膠結之力不強，成績必劣。路面厚度，壓實後約爲五公分，但鋪時須酌加五分之二，庶築成後可得預定之厚。先用手夯或壓汽夯搗實之。其法如次：使工人排列成一橫行，將手夯同時放落，如打基樁然，每點各打兩三下，先輕後重，每移一點，應使夯頭半壓前點，如是逐漸前進。繼以手碾，重約六百公斤至一千公斤者，或其他輕便路碾，往來滾壓，務使路面平坦光潤，絕無裂痕，其高度及拱形，悉與原計劃符合，如有不勻之點，用熨鐵燙平之。凡與路面建設物如路沿石洩水口等等接聯之處，應先將其週圍敷以煮熱之地瀝青，然後鋪地瀝青岩末，并須特別築實。其不便運用手夯及路碾之處，亦用熨鐵善爲修治，使週圍無弱點，以防路面之水漏入。路面壓至碾輪滾過不留痕跡時，散以乾普德蘭水泥，待完全冷凝後，即可恢復交通。

鐵鏟鐵耙手夯熨鐵等所用一切工具，均須燒熱，手碾滾輪亦須用鐵製，使滾輪中間，可燃薪炭。其理由無非防熱料與冷器接觸，溫度頓減，路面黏結不固也。路碾輪面必

須潔淨，並時時以液體油類或石油塗抹，否則滾壓時，熱料黏着輪面，常隨其轉動而帶起，隨後修補，究成弱點。

倘工作不能一氣完成時，則所留之接縫應先截齊，先用熨鐵燙熱，方可將熱料接上。亦有以煮熱之地瀝青塗抹之，但塗抹之地瀝青，不宜過多，免損路面耐力，不可不慎也。

此種路面，可任重車之駛行，故其底層之建築，須有堅強之能力。普通用 *1:2:4* 之水泥混凝土築之，（詳見混凝土路底層建築法）底層約厚十五公分，其築成之面，無須抹光，庶與上層物料，可相互結合，基底上面之拱度，須與路面拱度相符，凡凹凸不平及其他劣點，必須一律修補完整。混凝土底層澆灌後，須經相當之日期，至混凝土完全乾燥後，方可進行上層鋪設工作，若不待其完全乾燥，即鋪上高熱之地瀝青岩末，則混凝土中之水分，受此熱度而蒸發，必使路面發生無數裂縫，為蒸汽外洩之路，其存留在混凝土中者，逮溫度降落，又凝為水泡，一經車輪壓破，便現凹窪，路面破壞之因，皆由

於此。

壓實之地瀝青岩末路面，極平坦堅固，有磨耗過半，祇剩一公分餘之厚度，猶未破壞者。惟路面光滑，苟坡度逾百分之二，五者，行車常有危險，於雨後或冰雪之季爲尤甚。至於鋪築之法，似甚簡易，但使岩末炙熱過甚或不及度，或所含之地瀝青太少，或夯打不實，天氣太冷或太溼，皆足使鋪築工事失敗，且底層之建築費極大，而一切所用之器具等亦繁，凡此諸端，皆爲推行此式路面之障礙，是故除大城市外，尙未能普及。

(丁) 地瀝青混凝土路

地瀝青混凝土路，爲碎石，黃砂，粉粒與地瀝青調和之混合物 (Concrete asphalt)，所用之石粒，最大限度有用二公分半至四公分，或十二公厘至七公厘者。按普通之原則，石子之大小，與路面之厚薄成正比例。而路面之厚薄，則視路基堅固之程度而定。故路基不甚堅固者，應用大石子製地瀝青混凝土，反之，如路基完善，則以小石子爲適當，路基可用壓實之碎石層，或水泥混凝土層。路面經歷壓實後之厚度，爲四公分至七公

分半，但路基果極堅固，而載重又輕者，則其厚度減小至二公分半亦可。惟事實上猶有超過七公分半之厚者，但一逾此數，若作一層壓之，即難臻結實。地瀝青混凝土之成分，按各國採用之比數平均計之，約如下表（以重量計）：

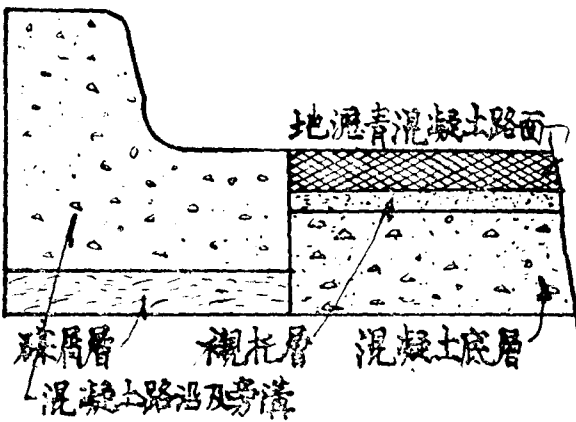
	用大石子	用小石子
大小石子	50%	29%
砂	37%	54%
粉末	6%	8%
地瀝青	7%	9%
	100%	100%

地瀝青混凝土之拌和法，將石子黃砂炙熱至攝氏表150度至175度，地瀝青熱至135度至165度，然後按預定成份，依次裝入拌和機中混和之，調勻後，即鋪於路基上面，其溫度須保持在攝氏表120度以上用鐵耙等分佈均勻，隨用八噸或十噸重之路碾滾壓之，至路面完全壓實及冷凝始已。其不便運用路碾之處，亦用炙熱之熨鐵等修理之。壓實後再澆以攝氏165度上下之地瀝青，約每平方公尺自二公升半至四公升之量，同時分

佈石屑其上，厚八公厘至十二公厘半。以所澆之地瀝青，適敷黏着爲度，再運用路碾，往來滾壓，使成一層不透水之油皮，以封蔽路面。但使所用之石子較小，則地瀝青可毋須再澆，在壓實後即散佈普德蘭乾水泥可矣。倘仍澆地瀝青者，其澆率亦應相當減少。

參閱第三十三圖

第三十三圖



此種路面，在現時最爲發達，其故因路面之耐力可隨混合料之成份而增減，溫度變化之影響較小，路面較爲粗糙，可增加路之坡度至百分之四，修築費較爲經濟，及路面所起之波紋，不甚顯著。

(戊) 地瀝青碎石路面

地瀝青碎石路之底層，多用碎石築之。若原爲碎石路者，卽無庸改弦更張，祇將橫坡度改平（ $1\frac{1}{76}$ 至 $1\frac{1}{80}$ ）并將路面修補平整。至路面之修築，亦分滲漏及混和兩法。

用滲漏法修築者，應待底層全乾，并選擇天氣晴暖之日，將底面掃除潔淨，然後鋪上五公分至七公分之潔淨石料，其壓實後之厚度約爲四公分至五公分。石料以質堅者爲宜，并須晒乾，以增進其膠合能力。滾壓之碾，以八噸至十噸者爲通用。在最初滾壓時宜緩而不急，先使碎石擠實，路面漸現平整。其有凹凸之處，應卽修補完好，再繼續運用路碾，壓至路面達完整狀態時，卽將熱至攝氏表 133° 度至 135° 度之地瀝青，用壓汽機灌下，其灌率約爲每平方公尺六至八公升（七至十公斤），同時分散一公分至二公分之石屑

以填塞路面之空隙，其數量約爲每120平方公尺之路面，散一立方公尺之石屑爲準，再用路碾滾壓平整，並乘其未冷凝前，另澆煮熱之地瀝青或類似之油及散小石碎於面，此種最後層之油皮工作，與前述各種路面同。

混和法與地瀝青混凝土做法相同，惟不加砂及粉末。石粒之大小，以三分至六公厘爲限，其中並至少須有四分之一爲通過二公分篩孔者爲合用。當混和之前，石料之加熱等同前，地瀝青之需要量，爲百分之五至七，壓實後亦須加鋪油皮工作。

無論用滲漏法或混和法，此種路面，因內部之空隙定多，一經重壓，往往發生移動，尤以用混和法修築者爲甚。其所成之波紋，原因自亦在此。雖尙足應快速度輕車之需要，然公路方面，多改用地瀝青混凝土路面爲經濟，故此種路面，已逐漸減少。

(己) 地瀝青灌碎石路

地瀝青灌碎石路，與柏油灌碎石路法，無甚差異，惟地瀝青須熱至165度左右。第一次之灌率，約爲每平方公尺一公升半至二公升半，視當地之氣候及滲漏能力而定。第

二次約每平方公尺自半公升至一公升爲度。地瀝青灌下後，宜趁其未冷之前，散佈一公分至二公分粗之潔淨碎石，約每平方公尺之路面，須料0.01，立方公尺，以足敷滿佈地瀝青中爲限。地瀝青灌碎石路面，成績不如柏油所灌者爲佳，但柏油中含多量工業中有價值之油類，故市價較地瀝青爲高，且柏油不能即乾，而路面之灌地瀝青者，在工作完成後之數小時內，即可恢復交通，故在經濟及便利方面，用柏油固不如改用地瀝青之爲得也。

第五節 修路

用地瀝青及柏油所築之路面，均有相當之抵抗力，但因所用之材料不良，人事未善，或底層之鬆動等，則一經破壞，路面即成粉碎。修補之法，可分兩種；第一種用火焰燒溶法，將破壞處之四週，用火焰炙熱約二公分上下，然後將同樣之熱料填入及壓實。第二種將破壞之四週，截成垂直面，其平面形如第二十七圖，先將熱柏油塗敷四週，然

後填入熟料及壓實之。所塗之柏油，須均勻及充分足以膠黏新舊兩混合料爲度。裂縫之逐漸加大者，亦應用柏油塗滿及壓平，但一經修補，反足令貼近之路面軟化，則爲害反烈。故車輛之載重，不超過設計限度者，細小之裂縫，可由車輛往來之壓力，自行消滅，毋急急修補之必要也。

第六節 特質

柏油路及地瀝青路之優點

- (一) 富韌性，建造得法，不易破裂。
- (二) 無須設置構造接縫。
- (三) 不透水及排水易。
- (四) 不發擾聲，無強烈之反射光。
- (五) 外觀美麗，不起塵土，掃除容易。

(六)沿路或鄰地有柏油或地瀝青出產者，建築費省。

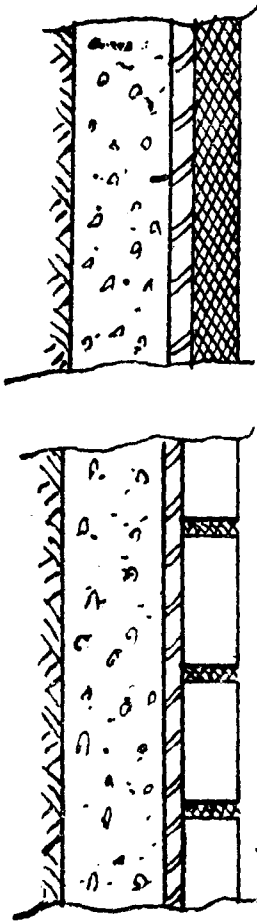
柏油路及地瀝青路之弱點

- (一)不適於多雨之地。
- (二)不適於過寒及過熱之地。
- (三)路面太滑，坡度不能太大。
- (四)鋪設時，不易均勻，及須用特製之工具。
- (五)一遇損壞，須立即修補。

第十章 塊料砌路面

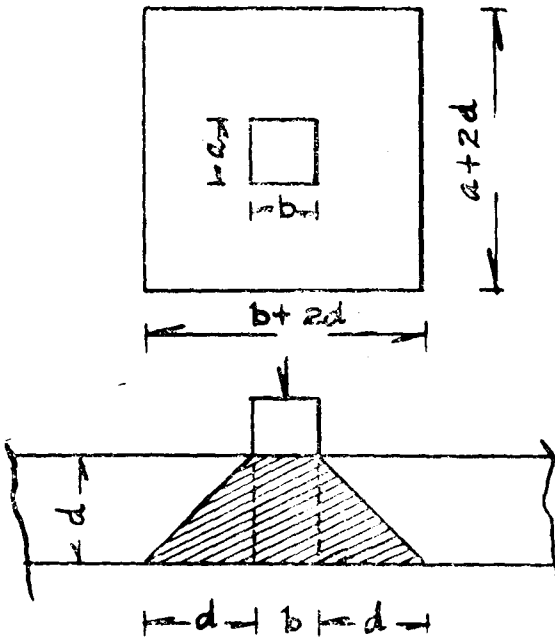
第一節 總論

路面之用各種整塊材料鋪砌者，種類殊多，要不外利用隣近出產之材料，以供築路之用而已。如石塊及磚塊路，在吾國有數千年之歷史。木塊路除上海之南京路外，在國內尚不多見，但在產木較多之各國，頗多採用。餘如混凝土塊，地瀝青混凝土塊，及地瀝青碎石塊等，種類極多。而其鋪砌方法則一，簡略言之，先就地面用混凝土等相當材料築一底層，將整塊之物料鋪砌路面，底層與路面之間，因鋪砌工作上之需要，另加一



第三十四圖

薄層之膠凝及襯托物料如第三十四圖所示之通用鋪砌法。若僅砌路面而不加底層工程，則路面所受之壓力，直接由面層而傳至路床，設天然之泥土或砂粒稍有鬆動或陷落，則路面可立起凹凸或洞穴。吾國舊有之石路磚路，大都高低不平，即底層工作之未曾致力也。底層之作用，可用力之分佈情形以說明之如下：



第三十五圖

設如車輪之載重為 P ，其輪胎與路面相貼面積為 A ，路面之厚度為 d ，按之力學理論，壓力之分佈角度 i ，自 45° 至 60° 。今姑以 i 之值作 45° 計，則路面之單位載重為 $\frac{P}{ab} = A$ ，

而路床土之單位載重為 $\frac{P}{(a+2d)(b+2d)} = \frac{P}{ab+2(a+b)d+4d^2}$ 若 P 之重為三噸， $a=b=$

10公分， $d=40$ 公分，則路面之單位載重 $\frac{3 \times 1000}{100} = 30$ 公斤 / 平方公分

路床之單位載重 $= \frac{3 \times 1000}{100 + 1600 + 6400} = \frac{0.37 \text{ 公斤}}{\text{平方公分}}$

由上兩算式，可知上下層之單位壓力，相差至八十倍以上，故底層愈厚，則力之分佈面積愈大，路床上所受之單位壓力愈小。若反而言之，凡地面之承托力單薄者，鋪面之厚度，須愈厚，承托力之堅強者，所需之厚度可減，亦即築路之費亦愈省。下表為各種物料之承托能力。

類 別		安 全 載 重			
		最 小 值		最 大 值	
		公斤	短噸	公斤	短噸
		平方公分	平方呎	平方公分	平方呎
岩 石	(1) 位於天然岩床層厚而最硬者	200	200		
	(2) 相當於上等大方石圻工者	25	25	30	30
	(3) 相當於上等磚砌圻工者	15	15	20	20
	(4) 相當於次等磚砌圻工者	5	5	10	10
粘 土	(1) 厚層而乾燥者	6	6	8	8
	(2) 厚層而尚乾燥者	4	4	6	6
	(3) 軟性者	1	1	2	2
礫石及粗砂	互相黏緊者	8	8	10	10
砂	(1) 乾燥結實黏緊者	4	4	6	6
	(2) 清潔而乾燥者	2	2	4	4
流砂沖積層	泥土等	0.5	0.5	1	1

第二節 材料

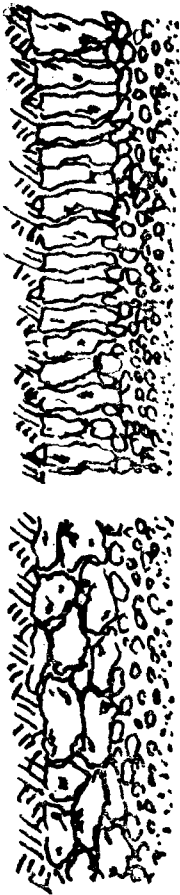
(甲)底層材料

(一)舊有之路面，如砂粘土路、礫石路、碎石路、水泥混凝土路等之路面堅實排水良好者，均可作石塊等鋪砌路之良好底層，若原路面之疎鬆或排水不良者，則須先加修理及壓實，仍不失為優良之底層。

(二)用大小不一之堅硬石料，其需要之性質見第七章第二節，最大者以一人之力，可搬運者為度，排置原地面上，然後依石料之大小逐層鋪上及壓實，最小之粒體在上，如第三十六圖，亦為各種鋪砌路之良好底層。

(三)馬克達式之碎石路路基，見第七章第四節馬氏建築法。

(四)V字式深溝排水法之碎石層，詳見第二十三圖



第三十六圖

(五)水泥混凝土底層，爲最通用及最高級底層之建築材料，混凝土之配和，及水泥之爲天然產或普德蘭等，可按事實上需要之強度而轉移。混凝土之拌和澆搗等方法，見上章各節中。

(乙)路面材料

(一)石塊，上等石塊之性質，已詳見第六章礫石及第七章碎石路各節。石質固以堅韌爲最要，然經濟問題，輒凌駕其他問題之上。設堅質之石，因產於遠處，價甚昂貴，則雖屬運輸繁重之路，亦常不得不用質次之石料，或用別種之材料以替代之。至次要之路，大率就地取材，不能苛求其質，是故質脆之砂石，及質鬆之石灰石，亦不在屏棄之列。塊石之尺寸，以二十公分至三十公分長，九公分至十二公分寬，及十二公分至十四公分之高爲最適當。吾國舊日各城市所鋪石板路，因鋪築時之目標不同，故底層既薄而鬆，且石塊亦太長。石塊過長之弊，卽一端受重，則彼端蹶起，致成高低不平現象。再如近時各地所鋪之丸石路或稱彈石路，以工費及工事言，均極輕省，但底層不實，石塊以平

整面向上，且尺寸太小，致車輪之重，咸集中於石底之一小面積，故駛行於其上者，雖屬落時代之小車馬車等，而亦不免隨築隨陷，凹凸不平。均不適於汽車道路而鋪砌之用。

(二)磚塊，磚砌路面在吾國各城市之舊街道上，採用極多，但此種磚料，只合於舊日之交通方式，若以之供汽車駛行，誠有不堪一壓之慮，就各國而論，雖亦不乏通行汽車之磚路，但此種磚料，爲特製之煉磚，質地堅硬，耐久耐壓，富有韌性及吸水量小。其製造法先將泥板岩磨成粉粒，混以耐火粘土，加水揉捏，繼裝入模型中，用高壓力壓成相當之尺寸後，置於百度表一千五百度至一千八百度之高熱中凡七日至十日之時期而成。普通之煉磚尺寸，爲二十公分至二十三公分長，八公分至十公分寬，及十公分至十一公分厚。

(三)木塊，木塊路面所用之木料，須堅硬及粗糙者爲佳，其耐壓力應在每平方公分五十五公斤以上，並須經一次之硬化及防腐工作，其法先將木料送入烘房烘乾後，再浸入高壓力之熱柏油中，使木紋之空隙，盡充滿柏油物料。用木塊鋪砌之路面，其優點爲

耐久光滑，清潔及無擾聲，實爲上乘之路面材料。其長度約十五至二十五公分寬及高約十公分左右。最好其寬度略大或略小於高度約半公分至一公分。在一路上所用之木塊，其尺寸之差異，不應超過一公厘半，以便修換。

(四) 混凝土或鋼筋混凝土塊。水泥混凝土之配合及拌和法詳見第八章水泥混凝土路各節。因其所製之形體，隨木模而任意支配，故不但大小一律，且可用凹凸等銜接法，使每一塊之位置，互相銜接，不易推動。再如所需之塊料，可先期製成，非如普通混凝土路之澆灌後，在一定時間內，必須斷絕交通之不便。又因小塊之製法，可用強大之機壓力，使其堅實逾常，同時在保護期內之工作較易，不受氣候之寒冷而破壞，且路面破壞處，只須拆換一小局部，修理亦易，故頗有採用之處。

(五) 地瀝青混凝土塊，其配合及混和等法，詳見上章地瀝青混凝土路建築法，其製成之料，亦較爲堅實，及不受氣候等之影響，故可避免直接鋪置法中之種種困難及繁事。

(六) 地瀝青岩末塊，其物料預備法見上章地瀝青岩末路建築法。此種先製成塊形，

然後鋪砌之便，同上節。

(七)地瀝青碎石塊，在地瀝青碎石塊之築路上，其最大缺點爲不易壓實，若製成塊形，然後鋪砌，其便利處亦與前兩節相同。

第三節 建築

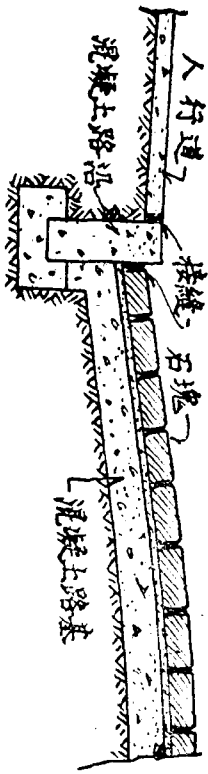
(甲)底層建築法

任何種整塊材料鋪砌路面之法，必先築堅固之底層，以傳遞路面之荷重達於路床。若底層之建築不固，則路面自必隨之破壞。底層所用之材料，視道路之等級而確定。車輛載重之小者，雖壓實之泥路砂粘土路等，其排水設備完善者，亦無不可用。若高級之道路，其載重及速率之大者，則以用水泥混凝土作底層爲最佳。其建法與前述各種道路之築法無殊。

(乙)路面鋪砌法

(一)石塊路，石塊路之鋪砌，須先鋪黃砂或水泥砂漿一層，作襯托之用，其厚度視石底

面之平整與粗糙而增減，通常約自三公分至五公分為度。所用之黃砂，以粒粗而清潔者為宜。襯托層鋪設後，即將石塊鋪上，石塊之長邊，應與路軸成正交，且各塊之接縫處，須與前後兩列之石塊中央相對，石塊面如高低不平者，應於鋪排時，用泥刀之屬插實及鈍擊之。接縫以愈密愈佳。大約以不出一公分為限。鋪排石塊之最難者，為石面之高低須適合路面之拱度，鋪時應備路型板一塊，使石面之高低，確合型板之曲線為最要。參閱第三十七圖。



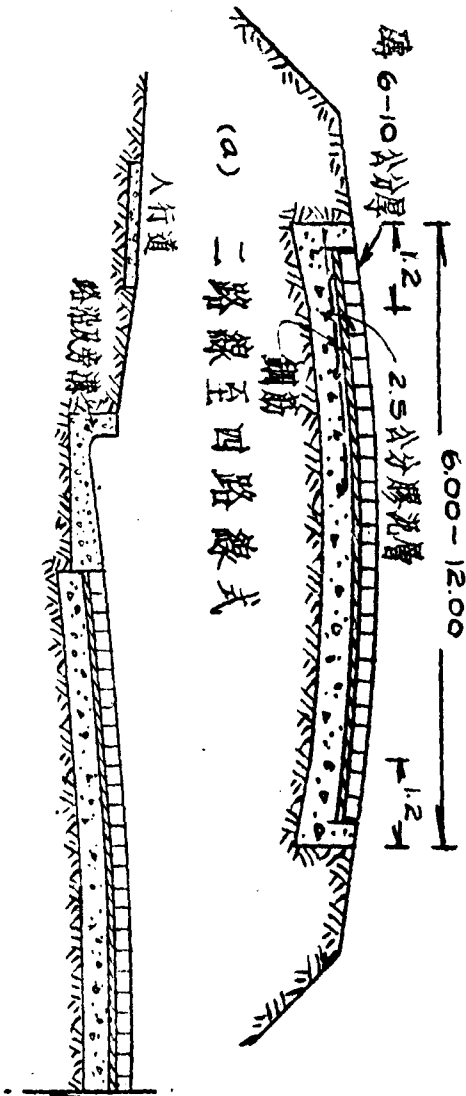
第三十七圖

石塊鋪排之後，即須用填塞料填實其接縫。其所用材料，約有四種（一）用黃砂鋪於路面，厚約二公分，任往來車馬之力壓實，則砂粒自可填塞接縫。但此種填塞法，

不能保持石塊之位置；及防止雨水之浸透。(二) 用柏油與砂粒混合物填塞之，此種混合物，須加熱至攝氏表 150° 度至 200° 度之間，再當灌注之先，路面必須乾爽，灌注後再上覆黃砂一層。此種填塞法，不致透水，且能保持石塊之位置，同時即增進石塊之耐久力。(三) 用黃砂石屑地瀝青之混合物填塞之，如在氣候嚴寒之時，宜將此種混合物加熱，然後填塞於接縫中，始可期混合物之深入縫底。(四) 用水泥砂漿填塞之，其配合率約為「二」：「一」：「一」之比，混和後，裝入箱內，漸次加水攪拌，使成適當稠度之砂漿，注入接縫中，乘未硬化前，沿石頂面刮去剩餘之砂漿。由此完成之路面，亦不透水，耐久力強及保持石塊之位置。

(二) 磚塊路 磚路所用之襯托層，約分三種(一) 黃砂層，用細粒清潔及乾爽之黃砂平鋪約三，五公分至五公分，鋪好後用路型板刮成路面拱形，再用手壓機壓實至原鋪厚度之八成爲限。(二) 乾水泥黃砂混合物，其配合率爲「二」：「一」：「一」，混和後即散佈於底層上如前，厚約二，五公分至四公分，即鋪磚其上，待輾壓完成後，始注水其

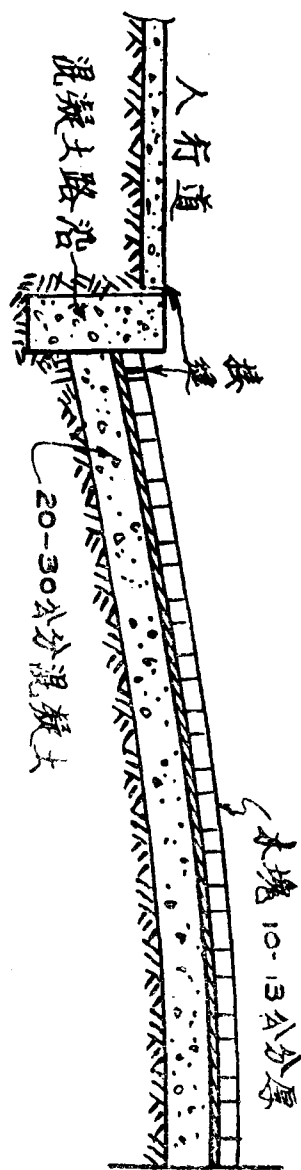
上，使混合物凝結及硬化，最後更注稀水泥漿於磚縫間。此種襯托層之缺點，在於注水量之難得適當，若水量過多，則水泥有沖散之虞，若水量不足，則混合料不能充分凝結及硬化。(三)水泥砂漿層，與上段之配合率等完全相同，所差異者，為先和水拌成砂漿，始鋪於路面，趁其未硬化前，即將磚塊鋪上，加以輾壓及填注稀水泥漿於磚縫間。參閱第三十八圖。



b) 市路鋪砌法連路沿及溝

磚之鋪排方向及各列之接縫等與鋪砌石塊時，同一方法，每鋪五六列後，應用磚鎚擊實，使各磚間有充分之密接，全部鋪成後，若襯托層爲黃砂或乾混合物者，用四噸至六噸之三輪壓路機輾壓之，若爲水泥砂漿者，則用300—400公斤之手壓機滾壓。滾壓之方向，應先從路中心起，與路軸成並行之進行，徐徐輾壓，漸向兩旁推移，往返再三，再依次與路軸成四十五度及九十度方向，再行輾壓，但最後之一次，應仍與路軸成並行方向進行。轉塊路面之接縫填塞法，同石塊路面，亦分四種物料如前述。

(三) 木塊路 木塊路之底層建築材料，大多用水泥混凝土築之，築法與水泥混凝土路同，其厚度至少須十二公分，間有厚至十五公分至二十公分者，要以基底之土質等而判斷。襯托層所用之材料，分黃砂，水泥砂漿，及地瀝青三種。黃砂與水泥砂漿之鋪設，略如前述，且均不如用地瀝青爲佳。地瀝青襯托層之築法，先鋪1:1.5比之水泥砂漿一薄層於底層面上，待其硬化後，先清除表面並須完全乾爽，然後塗預熱之地瀝青，厚約三公厘，隔半小時後，即將木塊鋪上。參閱第三十九圖



第三十九圖

木塊之鋪置，應將木塊之纖維，豎立於路面，因木類之耐壓力及耐久力均與其纖維成並行者為最大也。木塊之長邊，與路軸成正交或成六十度之斜方向。但在兩旁路沿處，須鋪置二三列與路軸成並行方向者。木塊路每隔十五公尺之距，應設置伸縮接縫一道。接縫之寬，約十二公厘，用地瀝青或其他混合物填平之。木塊鋪成後，即用三噸至六噸之壓路機徐徐輾壓，先由路側漸向中心推移，同時路輾之速率亦逐漸遞增，使其完全堅固為度。

接縫之填塞，用地瀝青為宜，其填法與磚石路面同。

(四) 水泥混凝土塊或鋼筋混凝土塊路面，其築法可參閱石砌路面。

(五) 地瀝青混凝土塊，地瀝青岩末塊，及地瀝青碎石塊之鋪砌法，與石塊或磚塊所用之方法相同，排置愈密愈佳，無設置伸縮縫之必要，接縫之填塞，須於料塊排好後，散佈乾細清潔之黃砂一層，經壓力即可自行填塞縫隙。

第四節 修路

各種塊料所砌之路面，其破壞原因及修理法，大多相同，若概括言之如下列各端：

(一) 局部方面之塊料不良，或受外力之撞擊而破壞者，將破料拆出另易新料，並補填同樣之襯托物料，新塊料補入時，須略高於原有路面，則壓實後不致呈低陷之現象。

(二) 襯托物料之消失，致面層塊料有鬆動情形者，應將面層塊料先行起出，擇其有用者洗刷潔淨，若襯托料為黃砂者，先鋤鬆之並補添新料，照築新路法，將塊料逐一鋪上及壓實。若襯托料為水泥灰漿者，該層須一律剷除，另易新拌和料以補之。

若塊料之底部未見鬆動，而接縫間之填塞料因各種原因而消失者，應立即散佈細砂於路面或另加同樣之填塞料以補實之。木塊路面，每當春秋之季，乘濕潤之日，路面散佈細砂，令其自然嵌入接縫，足使木塊之位置不致鬆動。

(三) 磨托層之消失，致路面有凹凸不平者，將凹凸部份拆除重修之。塊料之磨耗過甚者，將同樣之新料替換之。

(四) 路床或路基之陷落，致路面呈不平現象者，拆開鋪面及襯托層，將底層重新修補及壓實，然後照築新路法，將襯托層及路面逐步修整。

(五) 路面塊料之破碎料，已在四分之一或三分之一以上，或路面之拱度等，已全失原有形狀者，應將路面及襯托層悉數翻拆及重築之。

第五節 特質

塊料鋪路之優點

- (一) 普通坡度，均可鋪裝。
- (二) 適合於快速度重貨車之用。
- (三) 耐久力大，修理工作少而易。
- (四) 無過滑之弊，用地瀝青材料者，坡度可略增。
- (五) 建築時之工具簡單，無須特種設備。
- (六) 不受氣候之過冷過熱而影響工作。
- (七) 一經鋪築，即可通車，在交通頻繁不宜斷絕交通者，尤為適用。
- (八) 不生塵埃，令步行者及兩旁居民無不快之感。

塊料路之弱點

- (一) 易於凹凸不平，
- (二) 砂襯托層，易於透水及消失。
- (三) 石塊料之尺寸及表面，不易一律之大小及平整。

(四)木塊路面，易受路面或路旁火災之破壞。

(五)磚塊如硬度不足，易於碎裂及吸收水份。

下編 橋樑工程

第十一章 力學之基本原理

第一節 定義

「力」(Force) · 力之表現於任何物體，分三種之意義，第一種爲強弱程度，以公斤，市斤，磅，爲單位。第二種爲方向，在圖樣上以箭端表之，或普通之荷重情形代表之。第三種爲位置，或稱着力點(Point of application)。

某種之力，施展於某一物體上者，謂之該物體上所負之外力，如橋樑上所載之本身體重，及車馬等行經其上之動重及衝擊重等。該物體受外力之影響，卽有相當能力之內力以抵禦之，方不致因外力之作用，而斷折或傾覆，此種物體內之抵抗力，命之曰內力，或稱應力(Stress)。

靜力及動力。外力之為建築物之本身重量及其所負之永久無變動之重量，謂之靜力或稱靜重 (Dead Load)，若其所荷之重為隨時變化者，謂之動力或稱動重 (Live Load)。

合力。某一建築物上，所負之各種力量，為計算上之便利起見，求各重力之合併力及位於合併力之重心者，謂之合力 (Resultant Force)。

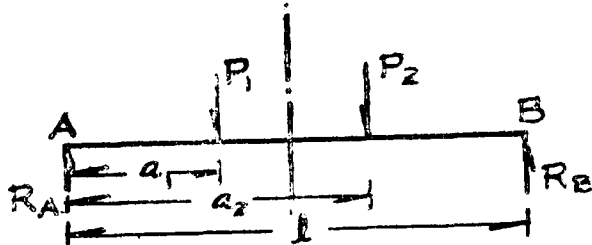
例如下圖，AP 樑上負 P_1 及 P_2 兩重力，則其合力 P 必等於 $P_1 + P_2$ ，而其合力之位置必介於 a_1 及 a_2 之間。

反力。反力為某建築物上，所負之外力，傳達於支點上之相當力量。例如下圖，A 支點上之反力為 R_A ，B 支點上之反力為 R_B 。按之物理學上牛氏定理，總反力必等於總荷重，故 $R_A + R_B = P_1 + P_2 = P$

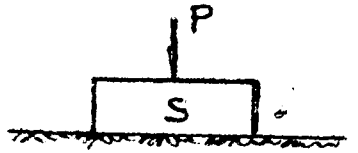
擠力引力及剪力。擠力 (Compression) 亦稱壓力。例如下圖，

P 重加於物體 S 上，則該物體受擠壓之現象，若 P 之力 \parallel 公頓，而 S 之面積 A 為 0.5 平

第 四 十 圖



圖一十四第



方公尺，則其么擠力（或稱單位擠力）

$$p = \frac{P}{A} = \frac{2}{0.5} = 4 \text{ 公噸/平方公尺}$$

$$\text{或} = \frac{2 \times 1000}{0.5 \times 10000} = 0.4 \text{ 公斤/平方公分}$$

圖二十四第



引力 (Tension) · 亦稱拉力，例如左圖，物體 W 懸於 C 桿上，則 C 桿之內部，有引

長之趨勢，若桿之斷面積為 A，則

其么引力 $t = \frac{W}{A}$ ，如 W 之重為

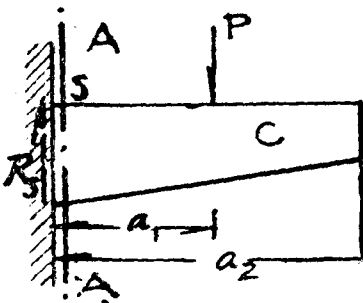
1600 磅，而 A 之面積為 0.1 平方英寸，則該物體所負之么引力

$$= \frac{1600}{0.1} = 16,000 \text{ 磅/平方英寸}$$

剪力 (Shear) · 剪力為某物體之某一斷面上，其兩面之外力與

反力，或外力與外力等成相反方向者。例如第四十三圖，臂樑 C 連接於牆面或固定物 S

圖三十四第



上，荷一 P 重，仍按牛氏定理， S 點必有一 R_S 反力，且 $R_S = P$ ，則物體方不致斷折而墜落，若於鄰近 S 之處，切一 $A-A$ 斷面，則該斷面兩面之力為等強而成相反方向，故該斷面上，即有一前力存在，若 P 之重 = 100 公斤，而斷面 $A-A$ 之面積為 20 平方公分，則其么剪力 $s = \frac{P}{A} = \frac{100}{20} = 5$ 公斤/平方公分。

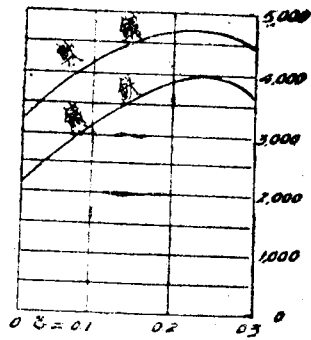
抗擠力抗引力及抗剪力 (Resisting Compression, Resisting tension & Resisting shear) · 上述各物體，受外來之擠力引力及剪力，設其物體之強度或斷面面積過小，不足以支持於平衡律上，勢必發生斷折或破壞，其能保持於原有位置而不變動者，是其內部有充分之能力以抵抗故也，此種抵抗力，總稱之曰內力，或應力，按外力之方向而分為擠應力 (Compressive stress)，引應力 (tensile stress) 及剪應力 (Shearing stress)。每一么面積之應力，稱之曰么擠應力 (unit compressive stress)，么引應力 (unit tensile stress)，么剪應力 (Unit shearing stress)。

「二」變距 (Strain) · 任何物體，受外力之影響，其形體之長短或厚薄，不能絕對

無變化，其顯而易見者，試將橡皮一條而驗之，隨外力之一擠一拉，而其原有之長度及面積，立即發生影響。至於普通物體之不爲吾人注意者，因其改變之微細，及么應力之較小，故除精密之試驗器，無從察出耳。變距之大小，以長度計之，如公分，英寸等。以所變之距，除其原有距，是爲么變距，例如10公尺長之鋼條一支，兩端各加一相等拉力，使其么引應力 = 2100 kg/cm^2 時，量其引伸後之總長爲10.01公尺，則其變距 = 10.01 - 10.00 = 0.01 而其么變距爲 $\frac{0.01}{10.00} = \frac{1}{1000} = 0.001$

「三」么應力與么變距之關係。變距之大小，與物體所荷之重力，不生關係，因荷重大而增大其斷面積，則么應力可保持不變之數值。但么應力與么變距，則有一正比例關係，若將么應力之值作於縱坐標，而么變距值作於橫坐標，則每一種之材料，各成一屈曲線，如以下兩圖：

左圖之橫坐標縮尺，大於右圖之橫坐標一百倍，而縱坐標之縮尺，左圖爲兩倍於右圖，由此兩圖中可察出，各曲線在 B, B', B'', B'''，各點之左，其么變距之值遞增極小，



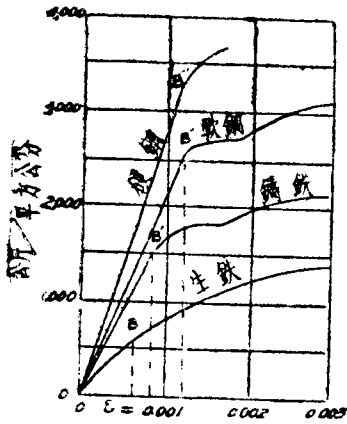
(2)

幾成直線比數，而過此各點後，則應力之數加增雖緩，而變距之遞增極大，且無一定之比例。右圖為軟鋼及鑄鐵在將斷時之一節，應力與變距曲線，例以軟鋼言，若應力增至 $4500\text{kg}/\text{cm}^2$ 後，雖應力減小，而變距仍繼續增加，終至斷折。

第十四圖

「四」最高強度 (Ultimate Strength)。例如第十四圖(2)，軟鋼之最高強度為 $4500\text{kg}/\text{cm}^2$ 。建築上通常用之軟鋼，最高強度，約為 $3200-4500\text{kg}/\text{cm}^2$ ($55,000-65,000\text{psi}$)

「五」彈性限 (Elastic Limit)。由實驗上之證明，任何物料，在某一限度以內，此限度通稱之為彈性限，可得兩種定理：



(1)

(1) 么應力與么變距成正比，即直線式遞變。

(2) 若將外力除去，則物體仍恢復原有之長。

若過此限度，則么應力之遞增，不如么變距增加之速，又如除去外力，不能恢復其原有之長。例如一10公尺長之鋼條，其么引應力僅數十 kg/cm^2 。超過其彈性限度，當外力除去後，將長出1cm上下。由是而論，任何種建築材料之荷重，不應超出此限度也明矣。上圖中B, B', B'', B'''各點，稱之曰彈性界(Elastic Point)。

「六」彈性率(Modulus of Elasticity)。在彈性限以內之么應力與么變距之一比例恆數，謂之彈性率(E)。例如第「二」節中之例題，以「總引力 = 10500kg，A = 斷面積 = 5cm²，t = 么應力 = $\frac{T}{A} = 2100\text{kg/cm}^2$ ，鋼筋之總長 = l = 1000cm，Δ = 變距 = 1cm，s = 么變距 = $\frac{\Delta}{l}$ ，E = 么應力與么變距之比例恆數，則

$$E = \frac{t}{s} = \frac{T/l}{\Delta/l} = \frac{TL}{A\Delta} \dots\dots\dots (17)$$

因 δ 爲一無單位之比數，故彈性率之單位與 σ 應力之單位同，即 kg/cm^2 （或 $\#/\text{in}^2$ ）。將以上各數，代入(17)式，可得該物體之彈性率如下：

$$E = \frac{T\Delta}{A\Delta} = \frac{10500 \times 1000}{5 \times 1} = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$$

就建築上所用之鋼鐵而論，其擠力或引力之彈性率，約略相等。各種之滾鋼（rolled steel）鍛鋼（Forged steel）之彈性率，約自2,000,000—2,100,000 kg/cm^2 之間。假如以2,000,000 kg/cm^2 言，則 σ 變距值爲0.001時，其 σ 應力應爲2000 kg/cm^2 ，若10 cm 長之鋼條，其 σ 變距爲0.001時，則其變距 $= 0.001 \times 1000 = 1000 = 1\text{m}$ 。

「七」溫差應力（Temperature stress）。鋼之漲縮係數，攝氏每度爲0.000012，故鋼桿之兩端若接合牢固，毫無鬆動時，則溫度每度之升降，足令該桿受0.000012 \times 2,000,000 = 24 kg/cm^2 之 σ 應力，若溫度之總差數爲攝氏60度，則鋼桿中所受之溫差 σ 應力，已爲24 \times 60 = 1440 kg/cm^2 。溫差應力與其長度及面積，均無關係。若溫度增高，因物體伸漲不得，故其應力爲擠應力，反之則爲引應力。

「八」設計應力 (Working stress)。由上所述之建築鋼，其最高強度，約為 4500 kg/cm²，而其彈性界為 2100kg/cm²，建築鋼之應力，不應超過彈性界之理由，已如前述，但設計上所用之應力，究以何值作標準乎？若以彈性界為最高限，則計算上之舛誤，建築上之人事，或原料之尺寸，性質及製造，稍有不符預定限度時，么應力即難保其不超過此彈性界，故普通所用之設計應力，約為彈性界么應力之半，即 1000—1200 kg/cm² (14,000—17,000#/ft²)

「九」安全率 (Factor of safety)。將彈性界上之么應力，除以設計應力所得之值，即為安全率。例如上例 $\frac{2100}{1000} = 2.1$ ，即安全率為 2.1 倍也。若設計應力用 1200kg/cm² 者，則其安全率 $= \frac{2100}{1200} = 1.75$ 是也。

「十」力率 (moment)。某一物體上荷重之重量及方向不變，但令其左右移動，與該建築物之內力，不能不發生關係。例如第四十三圖上之 P，其重量不變，而其位置移向臂樑之端，則 S 支點之內力必增，因其力率增大故也。設計建築物斷面之大小，全視

力率之大小而增減。仍如該圖，若 P 力在 a_1 距時，其力率 (M_1) 爲；

$M_1 = a_1 P$ ；若 P 力移至 a_2 距時，其力率 (M_2) 爲；

$M_2 = a_2 P$ ； a_1 或 a_2 之距爲 m, cm, ft, in ； P 之重爲 kg, lbs ，故 M_1 及 M_2 之單位爲 $m \cdot kg,$

$cm \cdot kg, \#, \#$ 。力率爲表示某力繞某點轉動趨勢之一種單位，其所繞之點，命之爲力

率繞心 (moment center)，自繞心與力之方向成正交之距，命之爲繞距或力率距 (Lever

arm)，以 a 代之。

力率之轉向，與時鐘之指針同方向者爲正號，以一「」代之，反之者爲負號，以一「」代之。

外力之加於某建築物體，足令該物體發生彎曲，故稱之爲彎曲力率 (Bending moment) 以 B 代之。物體中因此彎曲力率而產生等大之另一力率，稱之爲抵抗力率，(Resisting moment) 以 R 代之。

「十一」偶力 (Couple)。兩並行力之方向相反而等大者，稱之曰偶力，其兩力之

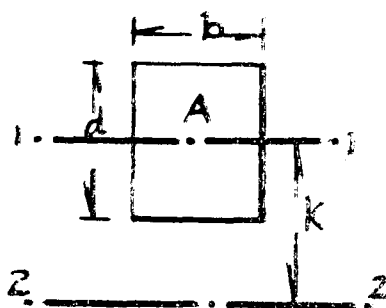
正交距離，稱之曰偶力距 (arm of couple forces)。

「十二」安量 (Moment of inertia)。亦稱恆性或惰性，安量之安，應與「安土重遷」之安同解。機械上之大飛輪，即利用其巨大之安量，以保持機輪之轉動，無驟然變更速度之弊也。安量在英美書籍中，多以 I 代之，其算式為

$$I = Ak^2 \dots\dots\dots (18)$$

式中 A 為某物體之面積， k 為自繞心或繞軸至該面積重心之距離，故 I 與其繞距成平方比，飛輪半徑之特大，即以此故。在建築上，安量之值愈大，則應需材料愈省，工字鋼 (I beam) 漕鋼 (Channel)，及搭釘成之工字形，四方形等斷面體，無非用最少之材料而得最大之安量也。

各斷面形，繞該斷面形之重心軸或其底邊之安量，見附錄中。若求某平面繞另一軸之安量算式如下：



圖五十四第

$$I_{2-2} = I_{1-1} + Ak^2 \dots \dots \dots (19)$$

式中 I_{2-2} 為 A 面積之矩形平面繞 2—2 軸之安量

$$I_{1-1} \text{ 為該面積繞其重心軸 1—1 之安量} = \frac{1}{12} bd^3$$

k 為 1—1 軸與 2—2 軸之距。

$$\text{故 } I_{2-2} = \frac{1}{12} bd^3 + Ak^2$$

安量之單位為長度之四方，故為 cm^4 或 in^4

「十三」旋半徑 (Radius of gyration)。由算式 (18) 而化之，得 k 之算式如下：

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} \dots \dots \dots (20)$$

上式中 I 之值為四方， A 之值為平方，兩相對消，所餘之值之平方根為長度，故其單位為 cm 或 in ，而式中之 k ，即稱之謂旋半徑，各種斷面形之旋半徑值，可參閱附錄

中之斷面形力學個性表。

〔十四〕斷面率 (Section Modulus)。斷面率為某斷面形之安量，除以該斷面之中軸至外緣之距，若外緣距以 Y 代之，斷面率以 S 代之，則其算式為

$$S = \frac{I}{Y} \dots\dots\dots (21)$$

又如彎曲力率以 B 代之，及外緣應力以 f 代之，則 $B \cdot Y = I$ (詳本章第七節)，故斷面率之另一算式為：

$$S = \frac{B}{f} \dots\dots\dots (22)$$

求建築物斷面之尺寸，第一先求該建築物之最大 B 值，f 即設計應力之數，故 S 之應需值可由上式求得，然後由手冊上，查某斷面之值相等或略大於該值者，即為適用之斷面。

若斷面形之不成對稱律者，則中軸至上下兩外緣距不等，故一斷面形有大小不等之兩 S 值，定斷面尺寸時，應用較小之一值。

距，稱之曰彎距 (Deflection)。各種建築物之最大彎距，有一定之規定數，不應超過之。

「十六」撓角 (Angle of rotation)。當橫樑在未彎前，與已彎後，

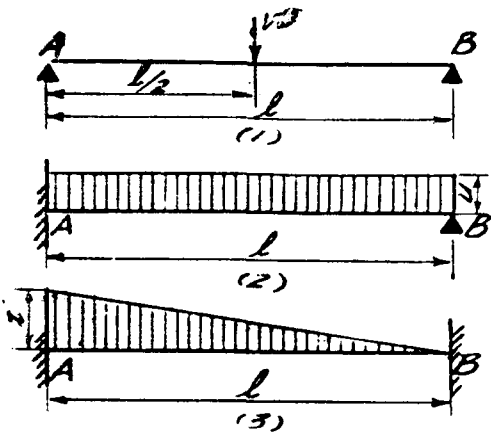
在其支點上，作兩切綫，此兩切綫間所夾之角，稱之曰撓角。例如第四十六圖， AB 樑在負重後，彎曲成實綫所示，其未彎曲前， AB 兩支點上之切綫，即 AB ，而屈曲後之兩切綫為 AC 及 BD ，故 i_A 及 i_B 為 AB 兩支點之撓角。

第四十六圖

「十七」單樑 (Simple beam)。

橫樑之兩端，擱置他物體上者，該兩擱置點謂之支點 (Support)。例如第四十七圖

(1) A 端即為 A 支點，而 B 端即為 B 支點，橫樑之兩端各有一支點者，稱之為單樑，



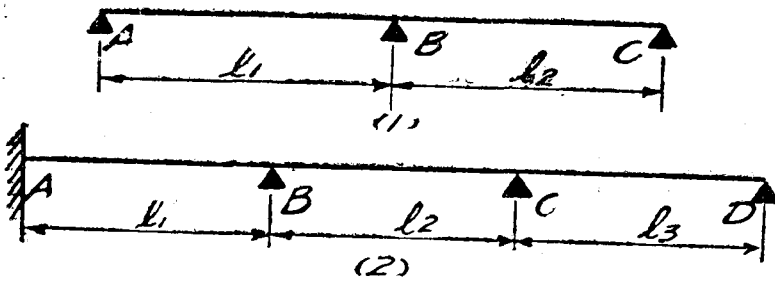
第四十七圖

如第四十七圖之(1)(2)(3)。就支點之性質而論，分爲三種，(1)動支點 (Freely supported) 如第四十七圖(1)之A支點及B支點。荷重後之A B兩端，計有兩種動作，(a)撓角之轉動，(b)左右之移動。(2)旋支點 (Hinged support)，爲但有撓角之轉動而無左右之移動者是也。(3)定支點 (Fixed support)，爲無撓角之轉動及左右之移動者。大多數之橋樑，皆屬動支，在鋼筋混凝土工程上，間有作定支點者，至於旋支之方式，除橋樑工程上，幾不採用。動支點以▲代之，定支點以≡代表之。因支點性質之不同，單樑又可分爲雙動支單樑，如上圖(1)，單定支單樑如上圖(2)，雙定支單樑如上圖(3)。

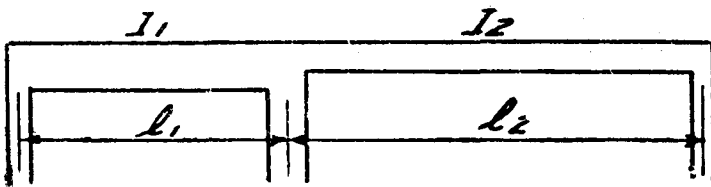
「十八」聯樑 (Continuous beam)。橫樑上之支點數，有兩點以上者，謂之聯樑，其支點之分別，自左端起，用A,B,C,D等字稱之。如第四十八圖AB段稱之曰第一節，B C段稱之曰第二節，餘類推。聯樑之爲兩節者，稱之爲二聯樑，三節者稱之爲三聯樑。又因兩端之支點性質，更有雙動支二聯樑如上圖(1)，單定支三聯樑如上圖(2)等。

「十九」臂樑 (Cantilever beam)。樑之僅有一端定支於其他固定物體上，而他端懸

空者，與手臂之橫伸無異，故以名之。如第四十三圖。與臂樑之作用相同，而長度較短



圖八十四第



圖九十四第

者，稱之爲托架 (Bracket)。

「二十」支距及硬度 (Span & stiffness)。兩支點間之距離，稱之曰支距，以 l 代之，如第四十七圖。第一節之支距以 l_1 代之，第二節之支距以 l_2 代之，如第四十八圖。

硬度即穩固性。例如第四十九圖之二聯樑，若其寬度相等，而支距與樑高如圖所示，則荷重後之轉動傾向，一望而知第一節小而第二節大，是即第一節之硬度大於第二節。再申言之，硬度與支距爲反比例，而與其 h 爲正比例。若以 Z_1 及 Z_2 代第一第二兩節之硬度，則其算式爲：——

$$Z_1 : Z_2 = \frac{I_1}{l_1} : \frac{I_2}{l_2} \text{ 或 } \frac{N_1}{I_2} = \frac{I_1 l_2}{I_2 l_1} \dots\dots\dots (23)$$

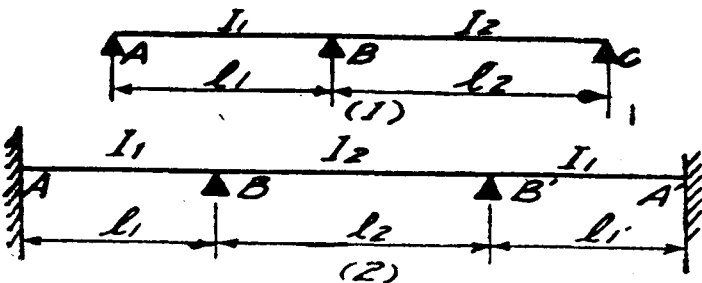
上式中之 Z_1 及 Z_2 須該樑第一第二兩節之材料爲同一物料，事實上凡聯樑之各節材料，自無不同。

若以硬度而言，除上述之支距及安量外，對於某材料之物理性含數及其彈性率，亦發生關係，故其算式應爲

$$Z = \frac{kE}{l} \dots \dots \dots (24)$$

上式中之 k 為材料之物理性係數， E 為彈性率，見本節之(六)。

「二十一」等硬度，不等硬度，及對等硬度。英語稱聯樑各節之支距相等者為 Equal spans, 其實等支距而安量不等者，對於聯樑各節之硬度比，依然不等，故應作 Equal stiffness 解。聯樑因硬度之關係，故又分為等硬度，不等硬度，及等對硬度之三種。如第五十圖之(1)為不等硬度雙動支二聯樑，(2)為對等硬度雙定支三聯樑。對等硬度云者，即兩端之第一第二等各節之硬度相等，凡屬對等硬度之聯樑，各支點自左端起為 A, B, C, D, ... 自右端起為 A', B', C', D', ...，但硬度雖為對稱而其兩支端一為動支而一為定支者，仍照不對等硬度之各支點寫法。



圖十五第

「二十二」荷重 (Loading) 就物理學而言，力與重各有分別

，但在工程上而論，力即重，如一噸之力與一噸之重，壓於一樑，毫無分別，故但稱荷重而不分荷力，但所荷之重，若集中於一點或一小距離者，如第四十七圖（1）之 w 重，或該樑上有另一樑之反力，名之曰集中重（Concentric Load）。荷重之每一單位長，其重量相等者，名之曰勻佈重（Uniform load）。如第四十七圖之（2），每一長之重量以 u 代之。若每一長之重量，依一定方式之增減者，稱之曰遞變重（Variable load），其最大端之每一長之重量。以 t 代之。遞變重尙有不遵直線增減者，爲普通事實上所不常見，故略之。

第一節上之 w, n, t ，以 w_1, n_1, t_1 代之，同理第二節以 w_2, n_2, t_2 代之，某節上之 w, n ，及 t 非止一處者，以 $w_{1-1}, w_{1-2}, \dots, w_{1-1-1}, w_{1-1-2}, \dots, w_{1-1-1-1}, w_{1-1-1-2}, \dots$ 等代之，荷重之分靜重及動重（Dead & Live loads）者，以 $w_{1-1-d}, w_{1-1-l}, n_{1-1-d}, n_{1-1-l}, t_{1-1-d}, t_{1-1-l}$ ，等代之。例如 w_{1-1-d} ，及 w_{1-1-l} ，則 w_{1-1} 作總重計，即 $w_{1-1} = w_{1-1-d} + w_{1-1-l}$ 。

「二十三」力率及反力之符號字。力率或反力之在 A 支點上者，以 R_A 或 R_A 代表。

之，第一節支點中之力率以 M 代表之。雙動支單樑之力率或反力，以 m 或 r 代之，雙定支單樑之力率或反力以 M 或 R 代之，單定支單樑之力率或反力，以 m 或 r 代表之。又如力率之轉向以 C 代表之，反力之方向，以 \rightarrow 或 \leftarrow 代表之。

第二節 靜力學之平衡律

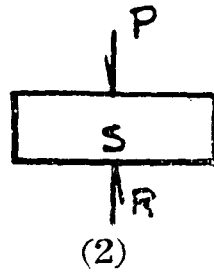
建築物之永久存在於一定位置而不變動者，如房屋橋樑擋牆之類，可按靜力學原理以計算者，稱之曰靜力可解 (Statically determinate)，間有某種之建築物形式，其反力，應力等之不能按靜力學原理以推算者，稱之曰靜力不可解 (Statically indeterminate)。

靜力可解之內外力等，在同一平面上之關係，不外平衡律之三大原則；即

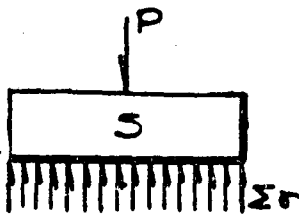
- (1) 垂直力之和等於零 ($\sum V = 0$)；
- (2) 水平力之和等於零 ($\sum H = 0$)；

(3) 在同一平面上，任擇一點作繞心，其力率之和等於零 ($\sum M = 0$)；

$\sum V = 0$ 之意義，可參閱第四十一圖，物體 S 上荷一 P 重，若無物體下之路面或其



(2)



(1)

圖一十五第

十一圖以代之，圖(1)為 S 底面上之勻佈力，其總數為 M_r ，(2) 為 S 底面之集中力 R，若該物體之本身重量不計，則 M_r 或 R 必須與 P 相等，庶 S 物體，不致上下移動，是即 $P = M_r$ 及 $P = R$ 或 $P - M_r = 0$ ，及 $P - R = 0$ 。

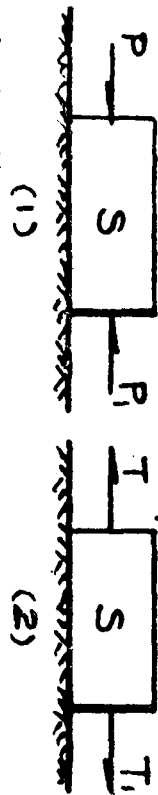
再如第四十圖， $\sum V = P_1 + P_2 - (R_A + R_B) = 0$ ，故 $R_A + R_B$ 必須等於 $P_1 + P_2$ ，AB 梁方可靜止於原有之位置也。

$\sum M = 0$ 之意義，與 $\sum V = 0$ 同，例如第五十二圖之(1)或(2)，若但加 P 或 T 力於 S 物體上，而其底面之磨擦力不

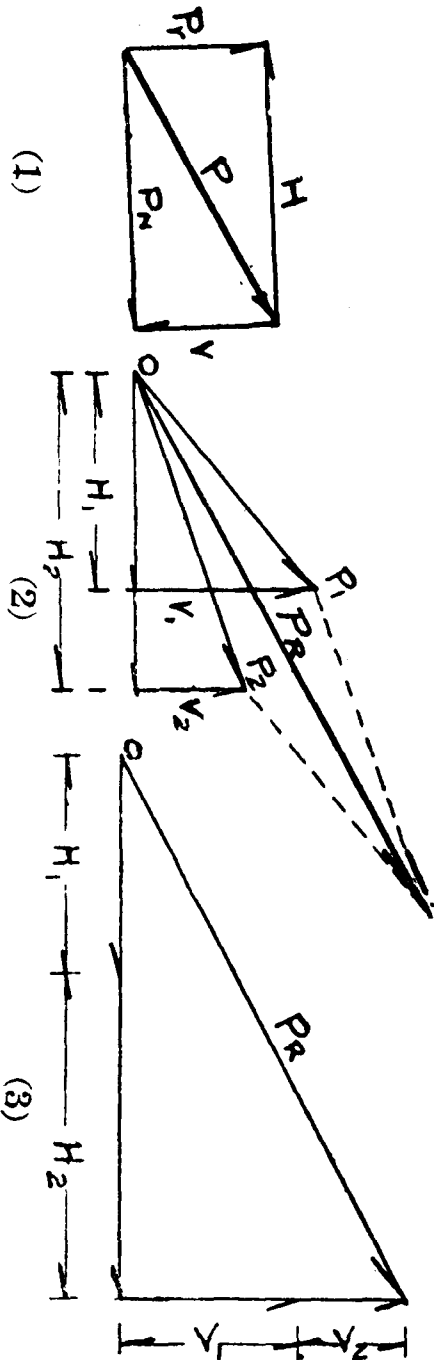
計，則該物體勢必循力之方向而移動，又設 P_1 及 T_1 之力，不等於 P 及 T，則該物體仍

第五十二圖

不能保持其靜止之原位，故 $P = P_1$ 及 $T = T_1$ 或 $P - P_1 = 0$ 及 $T - T_1 = 0$ 是也。



凡力之不循垂直或水平方向者，可分之成垂直及水平兩子力以求之。例如第五十三圖之(1)，可分成△子力及□子力，設P之長代表P之噸數，則 P_{HP} 之長，亦代表兩

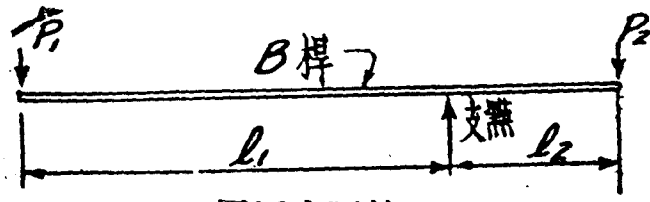


第五十三圖

子力之噸數。又設 V 及 H 爲一相聯之鋼條或鋼鏈等，則 P, V, H 三力，仍可保住其平衡而無移動，即 $P_H - H = 0$ 及 $P_V - V = 0$ 是也。又設上圖之 (2)， P_1 及 P_2 兩力之 V 及 H 子力爲 V_1, V_2, H_1, H_2 四子力，將 $H_1 + H_2$ 及 $V_1 + V_2$ 另作於圖之 (3)，於其兩端聯 P_R 一斜線，是即 (1) 之倒化法，即 P_1 及 P_2 之合力。該合力亦可由該圖之 (2) 如虛線所示之兩並行線而得之，其長度及方向應無差異，欲使 O 點之保持原位，必須有一等長而方向與 P_R 相反之力始可平衡。即 $V_1 + V_2 - RV = 0$ 及 $H_1 + H_2 - RH = 0$ 。因 $(P_R)^2 = (H_1 + H_2)^2 + (V_1 + V_2)^2$ 。故 $H_1 + H_2 = H$ 及 $V_1 + V_2 = V$ ，故 $(P_R)^2 = H^2 + V^2$ 或

$$P_R = \sqrt{H^2 + V^2} \dots\dots\dots (25)$$

$MM = 0$ 之例，已於第二章之地面不平阻力詳述之。茲再舉一例如第五十四圖， B 桿之兩端有 P_1 及 P_2 兩力，但左端之 l_1 長於右端之 l_2 ，若任何端之力除去，則該端必向上轉動，欲其保住在平衡位置，



圖四十五第

必須左右兩力率相等，即 $P_2 l_2 - P_1 l_1 = 0$ ，由該式可知 P_1 必小於 P_2 。再支點上之反力，援 $MV = 0$ ，得 $R = P_1 + P_2$ 。

第三節 單 樑

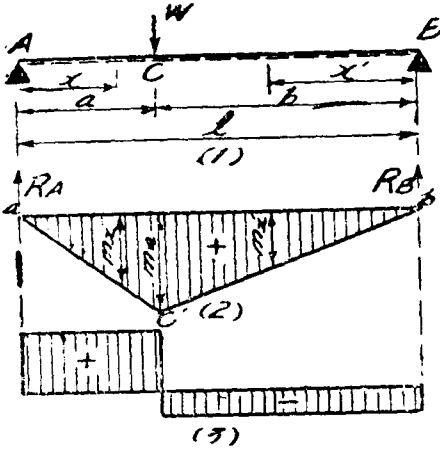
通常之建築物，如木料或鋼鐵之橫樑，皆屬雙動支式，即鋼筋混凝土樑之支點，除絕對無移動或轉動者外，雖與別部分建築一體，亦仍作動支點計算，故僅就雙動支式申說如下：

(甲) 么集中重

(1) 反力之求法。例如第五十五圖之(1) A B 樑上，荷一 W 重於 C 點，其離兩支點之距為 a 及 b，援 $MV = 0$ 律，則

$$RA + RB = W, \text{ 或 } RA = W - RB;$$

圖五十五第



援 $M_N = 0$ 律，因三力均在同一平面，可任擇一點作繞心，但如求 R_B 之值，以 A 點作繞心，則 R_A 乘零距可爲零，故 R_B 之值可如下式求出之：

$$R_B l = W a \text{ 或 } R_B = \frac{a}{l} W$$

若以 $\alpha = \frac{a}{l}$ 及 $\beta = \frac{b}{l}$ ，則 $R_B = \beta W$ 及 $R_A = \alpha W$(26)

α 及 β 爲重距與支距之比數， $\alpha + \beta = 1$(27)

(2) 力率之求法。求 ΔB 樑上任何點之力率，即將該點作繞心，而任取該點之左半段或右半段上之各力率之和數即得，例如求 B_x 之力率，則該點之左半段，祇有一 R_A 反力，故 $B_x = X R_A = X \alpha W$ ，但同一點上之力率必相等，是 B_x 之力率亦可由右半段求之，因右半段有 R_B 及 W 兩力，故 $B_x = \beta R_B - W(a-x)$ ，同理 c 點上之力率

$$m_a = a R_A = \alpha \beta W l = C_1 W l \dots\dots\dots(28)$$

式中 $C_1 = \alpha \beta$

$$m_x' = X' R_B = X' \alpha W$$

今試以 m_x 與 m_a 兩力率而研究之，則

$$\frac{m_x}{m_a} = \frac{X \beta W}{2 \beta W l} = \frac{X}{a}$$

由上式可知該兩力率成正比，同理 $\frac{m_x'}{m_a} = \frac{X'}{b}$ ，故 E_a 為最大力率，若再將上式化

之可得，

$$m_x = \frac{X}{a} m_a \quad \text{及} \quad m_x' = \frac{X'}{b} m_a$$

若 X 及 X' 均為零，則 m_x 及 m_x' 亦為零，故動支點之兩端，其力率必為零。

若再就算式(28)而研究之，按算式(27) $\beta = 1 - \delta$ ，如將 δ 之值以 0.0, 0.1, 0.2 …… 0.9 1.0 各值代之，則 δ_1, C_1, R_A, R_B 各值，可列成如下表：

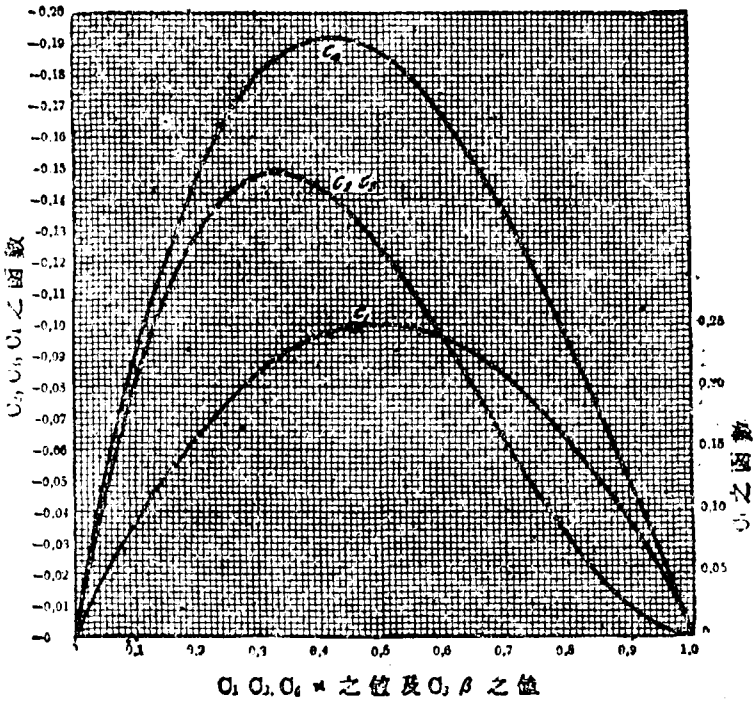
α	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
β	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0
C_1	0.0	0.09	0.16	0.21	0.24	0.25	0.24	0.21	0.16	0.09	0.0
RA	w	0.9w	0.8w	0.7w	0.6w	0.5w	0.4w	0.3w	0.2w	0.1w	0.0w
RB	0.0w	0.1w	0.2w	0.3w	0.4w	0.5w	0.6w	0.7w	0.8w	0.9w	w

如用方格紙將 α 之值作於底邊， c_1 之值作於右邊，可作成一 c_1 曲線圖如第五十六圖。由該曲線圖，可查出雙動支單樑之一集中荷重，在任何 a 距點之 c_1 值， c_1 既已查出則 m_a 之值，在任何大小之 W 及 l 值亦可求得矣。同時更可知 c_1 之值愈大，即 m_a 亦愈大，故 W 在 $\alpha = \beta = 0.5$ 處，(即 $a = b = \frac{l}{2}$)， m_a 之值為最大，即 $m_a = 0.25Wl = \frac{1}{4}Wl$ 。

c_1 曲線之用處，猶不止此，若使第五十五圖 AB 樑上之 W 重，易以車輪之重，設

圖六十五第

C_1, C_2 各曲線



圖之(2)，由AB及C三點之投影線至 a_0b_0 及引長 c_0 點之虛線，將 m_a 之值，用相當縮尺距代表之，得 c_0 點，聯 a_0c_0 及 b_0c_0 兩斜線，成一 $a_0b_0c_0$ 三角形，該三角形即稱為

如車輪由A點而向B點前行，則車輪在A點時，該樑上無彎曲力率，車輪至 $\alpha = 0.1, 0.2, 0.3, \dots$ 各點將，則各該點上之力率為 $0.09w_l, 0.16w_l, 0.21w_l, \dots$ 是 C_1 曲線，實為各該點上之最大轉動力率含數。

由上面論， m_a 之值既已求得，同時兩支點之力率為零，若繪一 a_0b_0 並行線，參閱第五十五

力率圖 (moment diagram)，其面積稱爲力率面積，由該圖按同一縮尺，當 V 在 c 點上時， A_c 段，或 B_c 段間任何點之力率，例如 m_x 及 m_y 之力率，一量而知，固無庸照前述之算式推算也。

(3) 剪力之求法。雙動支單樑上任何點之剪力，爲該點之左半段或右半段諸力之和，定該力之正負號，卽以該點作繞心，視其轉向之順鐘針者爲正，反之者爲負。例如第五十五圖之(1)， c 點之左半段，只有一 RA 力，若以 c 點作繞心，其轉向爲順鐘針故爲正，而其值 $\parallel RA$ ，故 A_c 段之剪力各點相等，以 c 點之右半段言，亦祇一 RB 力，若以 c 點作繞心，其轉向爲逆鐘針，故作負，而 B_c 段間，任何點之剪力亦相等 $\parallel RB$ 。按同樣之縮尺法，先繪一基線，將兩段之剪力，用任何種之比例，亦可繪成一圖如(3)，此圖名之曰剪力圖 (Shear diagram)，再就(1)(2)(3)三圖而參閱之，可得定理兩條如下：——

(1) 若雙動支單樑上祇有一集中重，則該重之所在點，卽其彎曲力率最大處。

(2) 彎曲力率最大之點，即剪力之正負號交換之點，若反言之，剪力之正負號交換之點，即彎曲力率最大之處。

(乙) 兩等集中重 車輪之左右兩前輪或後輪，其距離不變，是其合力必在兩輪之中

心，若兩輪之距離為 c ，則合力 WR 離左右兩力，均為 $\frac{c}{2}$ ，若以 A 或 B 支點作繞心而證之，假定合力左邊之距為 x ，則其右邊之距必為 $c-x$ ，以 A 支點作繞心，則

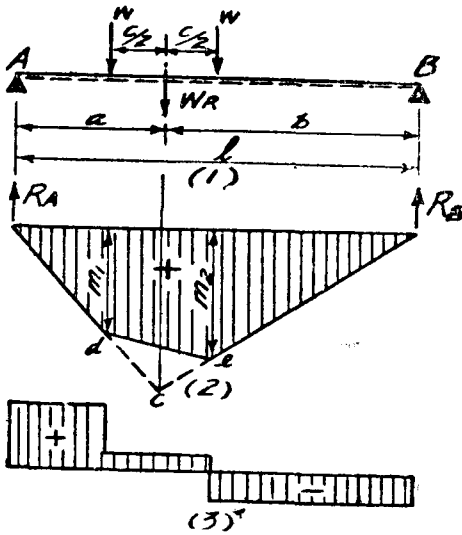
$$aWR = (a-x)W + (a+c-x)W$$

因 $WR = 2W$ ，故

$$2aW = (2a+c-2x)W$$

$$\therefore x = \frac{c}{2}$$

圖七十五第



合力之位置已得，則兩集中重之 R_A, R_B, m_a 各值，可仍照上節之么集中重法求之。

先命 $\alpha = \frac{a}{l}$, $\beta = \frac{b}{l}$, $\alpha + \beta = 1$, $\alpha = \frac{c}{l}$.

若用力率圖以求 m_1 及 m_2 兩力率極易，按上節先作 m_2 之值於合力重心點，聯 $a'c$ 及 $b'e$ 兩線，相交兩重力點之垂線於 d 及 e ，聯 $d'e$ 一線，則 $a'b'e'd$ 之一不等四邊形，即為該樑之力率圖。

若用計算法以求之，先求 R_A 及 R_B ,

$$R_A = \left[\left(b + \frac{c}{2}\right)W + \left(b - \frac{c}{2}\right)W \right] \div l = 2\frac{b}{l}W = 2\beta W$$

$$R_B = 2W - R_A = 2W - 2\beta W = 2(1 - \beta)W = 2\alpha W$$

由此可求 m_1 及 m_2 之算式如下：——

$$m_1 = \left(a - \frac{c}{2}\right)R_A = \left(a - \frac{c}{2}\right)2\beta W = \beta(2\alpha - \alpha)W l = C_5 W l \dots\dots\dots(28)$$

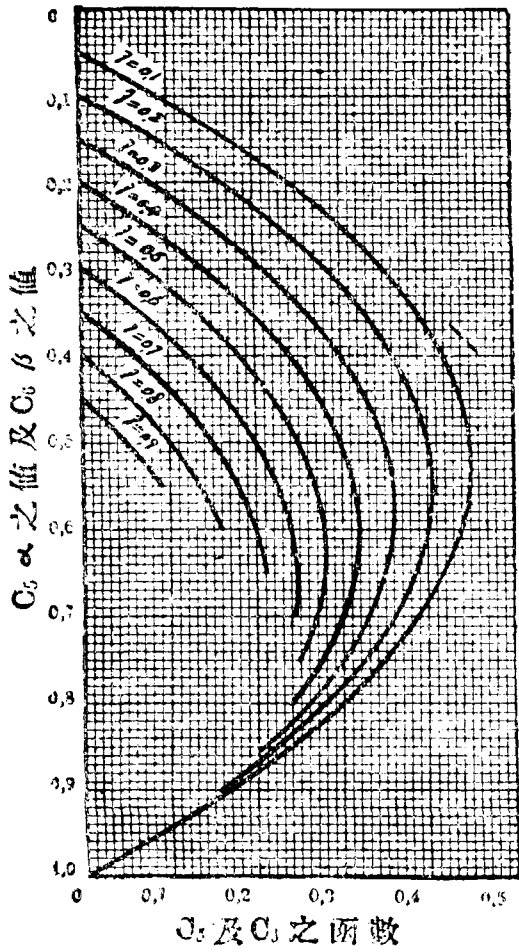
$$m_2 = \left(b - \frac{c}{2}\right)R_B = \left(b - \frac{c}{2}\right)2\alpha W = \alpha(2\beta - \alpha)W l = C_6 W l \dots\dots\dots(29) A$$

式中 $C_5 = \beta(2\alpha - \alpha)$; $C_6 = \alpha(2\beta - \alpha)$

按 C_1 曲線之求法，將 0.0, 0.1, 0.2……代 α ，及 0.1—0.9 代 β ，可得 C_5 及

圖八十五第

· C_b 及 C_c 曲線



C_b 及 C_c 之值

再由第五十七

圖之(2)，可得另

一新定例如下：

凡兩集中重之

一，離雙動支單樑

之中，交互，則

該樑上之最大力率

，即在該點之上。

其第二定理，仍與前節同。

(丙) 兩不等集中重。以 10 公噸之運貨汽車言，其前後輪荷重之比數，約為 1:1.5，

故每一前輪為 1 公噸，後輪為 1.5 公噸，而前後兩輪之距約為 6 公尺。設將後輪之重以

M 代之，則前輪之重，為 $\frac{1}{2}M$ ，前後輪之距以 C 代之，其合力之位置，可如下圖及

下式得之：——

以後輪重點作繞心，則合力離後輪之距為

$$\frac{\frac{2}{4}CW}{(\frac{2}{4}+1)W} = \frac{1}{4} \times \frac{4}{5} = \frac{1}{5}C$$

由此可求 R_A, R_B, m_1 及 m_2 如前述：

$$\infty = \frac{a}{l}; \beta = \frac{b}{l}; \infty + \beta = 1; \gamma = \frac{c}{l}$$

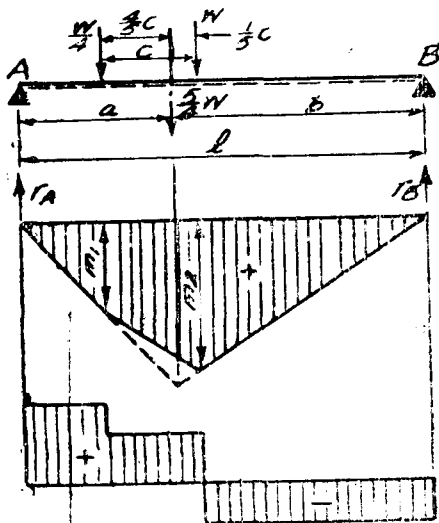
$$R_A = \frac{5}{4} \beta W \dots \dots \dots (30)$$

$$R_B = \frac{5}{4} \infty W \dots \dots \dots (31)$$

$$m_1 \left(a - \frac{4}{5} c \right) R_A = \frac{\beta}{4} (5\infty - 4\gamma) W l = C_{60} W l \dots \dots \dots (32)$$

$$m_2 \left(b - \frac{1}{5} c \right) R_B = \left(\beta - \frac{\gamma}{5} \right) \frac{5}{4} \infty W l = \frac{\infty}{4} (5\beta - \gamma) W l = C_{61} W l \dots (33)$$

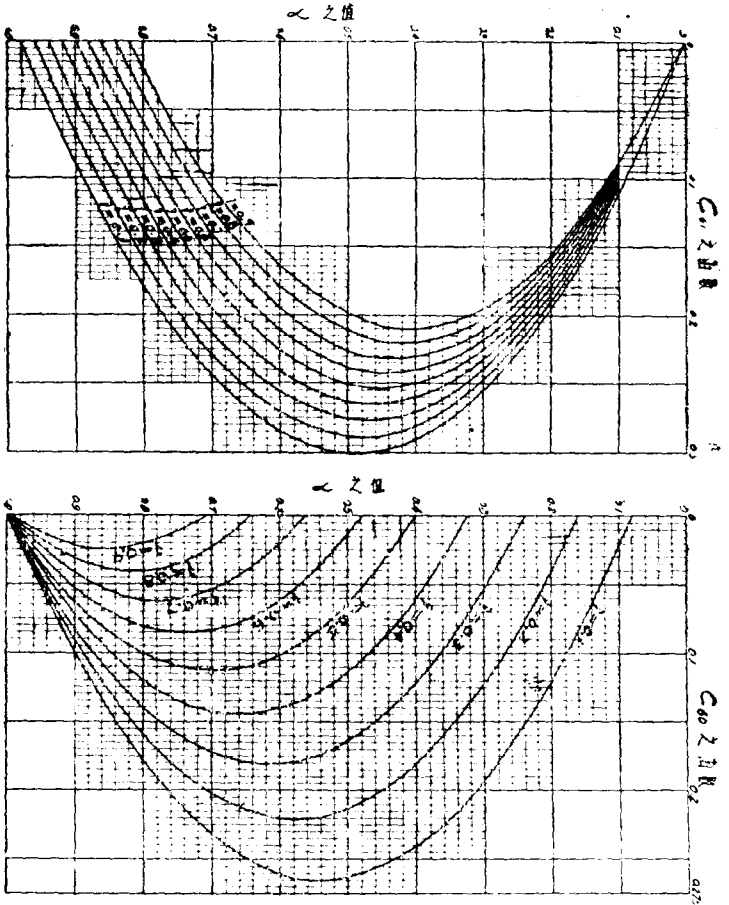
式中 $C_{60} = \frac{\beta}{4} (5\infty - 4\gamma)$; $C_{61} = \frac{\infty}{4} (5\beta - \gamma)$;



圖九十五第

圖 十 六 第

求○點之力率，則



$$m_0 x = x \left(A - \frac{1}{2} \mu x^2 \right) = \frac{1}{2} x \mu x^2 - \frac{1}{2} x^2 \mu,$$

橋樑道路工程學

〔丁〕全節勻佈重

雙動支單樑 AB，載

一勻佈重 q (單位 kg/m 或

井 /)，如第六十一圖，則

該樑上之總重 $D = n l$ 。

$$\text{又 } r_A = \frac{1}{2} \mu l = r_B = r_A$$

以 l 代 x ，則

$$M_x = \frac{1}{2} l^2 w l^2 = \frac{1}{2} C_1 w l^3 \dots\dots\dots (34)$$

C_1 之值，在樑之中心為最大，故勻佈重之最大彎曲力率，亦以樑中心為最大點，以 0.5 代算

式 (34) 中之 l ，則

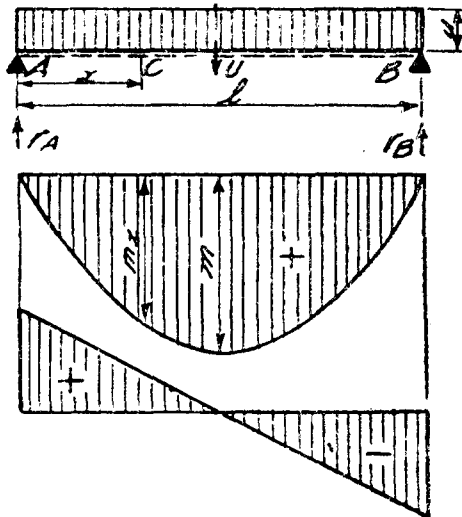
$$M_2 = 0.125 w l^3 \dots\dots\dots (35)$$

求 O 點之剪力 $= \frac{1}{2} w l - w x = (\frac{1}{2} - \frac{x}{l}) w l \dots\dots\dots (36)$

若 $l = 2 \times 0.5$ ，則剪力 $= 0$ ，由此可知，

(1) 雙動支單樑之勻佈荷重，其最大力率，在該樑之中心點。

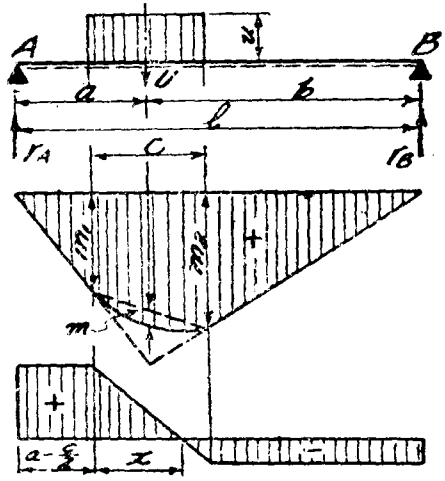
(2) 雙動支單樑之兩支點上其剪力最大，而中心點為零。



圖一十六第

(戊) 部份勻佈重

圖二十六第



$$\alpha = \frac{a}{l}, \quad \beta = \frac{b}{l}, \quad \alpha + \beta = 1, \quad \gamma = \frac{w}{l}$$

$$U = c w = \gamma w l$$

$$R_A = \beta \gamma l = \beta U \quad \dots \dots \dots (37)$$

$$R_B = \alpha \gamma l = \alpha U \quad \dots \dots \dots (38)$$

$$M_1 = (a - \frac{c}{2}) R_A = \beta \gamma (\alpha - \frac{1}{2}) w l^2 \quad \dots \dots \dots (39)$$

$$M_2 = (b - \frac{c}{2}) R_B = \alpha \gamma (\beta - \frac{1}{2}) w l^2 \quad \dots \dots \dots (40)$$

$$m = \frac{1}{8} w c^2 = \frac{1}{8} \gamma^2 w l^2 \quad \dots \dots \dots (41)$$

欲求零剪力點，可用下式求之

$$x = \frac{R_A}{w} \quad \dots \dots \dots (42)$$

零剪力之點，既已求得，則最大彎曲力率；

$$M_{\max} = (a - \frac{c}{2} + x) \gamma A \dots\dots\dots (43)$$

上列各荷重，為橋樑上所常見者，故不厭其繁而詳述之，如遇別種荷重，或雙定支，單定支單樑之各種算式，可參閱拙著「聯樑算式」第二章。

第四節 聯樑

聯樑計算之法，種類頗多，率皆學理深奧，手續繁冗，非一般普通學者，所可瞭解。著者由多年研究之所得，編成「聯樑算式」一冊，學者得此一書，即素無高等數學，力學等基礎者，按相當之步驟，可將任何種複雜之問題，於最經濟之時間內，不難一一推解，茲將應用手續，分條略述如次：（以下所指「聯」字，即指該書而言）

(1) 荷重圖。將聯樑各節之所有荷重，一一照規定之符號繪上，並加註其重量及位置等，此外如兩端之為動支或定支，各節支距之長及安量，若非相等者，用 $I_1, I_2,$

……按第一，第二……等節表明，O, P, Q, R, M_{B-1} (或 M_{B-1})， M_{B-2} ， M_{C-3} 等，亦宜列上，要以一目了然，不必用縮尺等費時之工作，參閱第六十六圖。

(2) 硬度，分數，及函數之計算。此種計算式，均分別載明於每一種之聯樑中，即 $n_1, n_2, n_3, O, P, Q, R, Q_1, Q_2, Q, K_{B-1}, K_{B-2}, K_{C-1}, K_{C-2}$ ，等。

第六十三圖



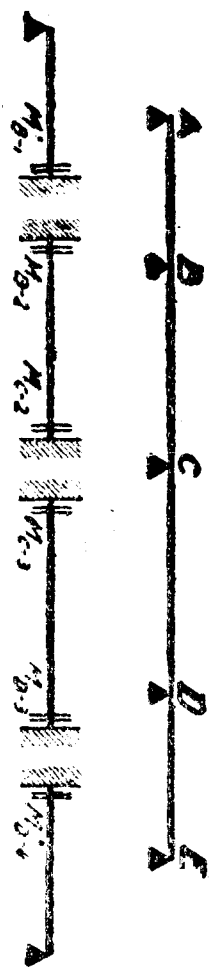
第六十四圖



定支，則分成之單樑仍為動支或定支，其餘各支點，在分作單樑時，悉作定支論。參閱第六

(3) 單樑定支點力率之計算。將聯樑之每節，假定分為一單樑，凡聯樑兩端之為動支或

第六十五圖



十三至六十五圖。然後按各單樑之荷重，分別求其定支點之力率。但「聯」第二章中之定力率

算式，爲 M_L , M_R , $M_{L'} & M_{R'}$ 四種，係指雙定支單樑左支點或右支點之定力率，及單定支單樑左支點或右支點之定力率，計算時應改用其相當支點及節數之旁註字，參閱以上三圖。若聯樑各節之荷重在一種以上者，可分別計算其力率而相加之。

(4) 各支點之靜重力率。由求得之單樑支點力率，(動荷重力率在外)，按某種聯樑之各節全荷重算式，求各支點之靜荷重力率。

(5) 最大支點力率。將每一節之動荷重，分別求其各支點之力率，列爲一表，將負數各值，連靜荷重力率在內，相加之，即爲該點之最大力率，詳見下述之三聯樑計算法。

(6) 間節荷重。間節荷重之各支點力率，無需另行計算，即用上節列成之表中各值

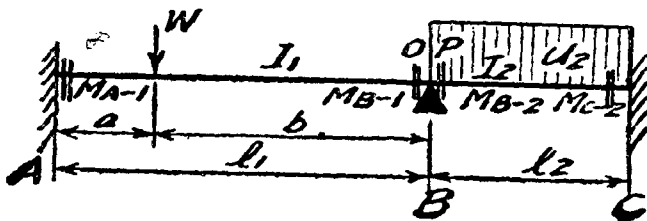
，分別加減之即得。

(7) 各支點之反力及零剪力點。雙動支單樑之反力及剪力，已詳前節，因一荷重之單樑，設 \triangleright 端為定支時，則該端之反力應較雙動支者為大，其所增之數，即 B 端應減之數，此中應增應減之數，為支距除力率差之值 $(M_A - M_B)$ 。用求出之反力，即可得零剪力點，如前述之雙動支單樑求法。

(8) 該零剪力之點，即兩支點間之最大彎曲力率點，按雙動支單樑算式，求其力率，然後減去該點上之應有負力率，其餘數即需求之最大正力率也。

「甲」二聯樑。雙定支式之二聯樑，如第六十六圖， $l_1 = 6$ 公尺， $l_2 = 3$ 公尺。 $w = 1.2$ 公尺， $W = 10$ 公噸， $u_2 = 4$ 公噸/公尺， $l_1 = l_2$ 。荷重圖上應註各符號字及荷重位置等，已悉數無遺。

硬度及函數算式見「聯」第 177 頁。



圖六十六第

$$r_1 = \frac{1}{2}, r_2 = \frac{2}{3}, 0 = \frac{r_1}{r_1 + r_2} = \frac{1/6}{1/6 + 1/3} = 1/3; P = 1 - 0 = 2/3;$$

單樑定支點力率 該聯樑如分成兩單樑時，則第一二節，均為雙定支單樑，故各有

定支點力率凡二。其兩端之定支點力率算式，見「聯」第二章第29頁，及第48頁。

$$\alpha = \frac{2}{3} = \frac{1/3}{2} = 0.2; C_1 = 0.16; C_2 = -0.123; C_3 = -0.032;$$

$$M_{A-1} = C_2 W L_1 = -0.132 \times 10 \times 6 = \underline{-7.33} \text{ m-t}$$

$$M_{B-1} = C_3 W L_1 = -0.032 \times 10 \times 6 = \underline{-1.92} \text{ m-t}$$

$$M_{B-2} = -\frac{1}{12} W L_2^2 = -\frac{1}{12} \times 4 \times 3^2 = \underline{-3.00} \text{ m-t}$$

本題因未分動重及靜重，故用兩節全荷重之算式，求 A, B, C 三支點之力率如下

∴算式見「聯」第178頁之(O)：——

$$d_1 d_2 = 1/3 \times 1/3 = -1.92 + 3.00 = \underline{+1.08} \text{ m-t}$$

$$M_A = M_{A-1} + \frac{1}{2} d_1 d_2 = -7.38 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times 1.08 = \underline{-7.20} \text{ m-t}$$

$$M_B = M_{B-1} - 0 d_2 = -1.92 - \frac{1}{3} \times 1.08 = \underline{-2.88} \text{ m-t}$$

$$M_C = M_{C-2} - \frac{1}{2} P d_2 = -3.00 - \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times 1.08 = \underline{-3.36} \text{ m-t}$$

各支點之反力。先作雙動支單樑計算之，則

$$R_{A1} = \frac{1}{2} W = 0.8 \times 10 = 8.0 \text{ t}; \quad R_{B1} = \frac{1}{2} W = 0.2 \times 10 = 2.0 \text{ t};$$

$$R_{B2} = R_{C2} = \frac{1}{2} W L = \frac{1}{2} \times 4 \times 3 = 6.0 \text{ t};$$

但因聯樑之關係 $M_A < M_B$ ，及 $M_C < M_B$ 故

$$R_A = R_{A1} - \frac{M_A - M_B}{L_1} = 8 + \frac{2.2 - 2.28}{6} = 8.82 \text{ t};$$

$$R_B = R_{B1} + \frac{M_A - M_B}{L_1} + R_{B2} + \frac{M_C - M_B}{L_2}$$

$$= 2 + \frac{2.2 - 2.28}{6} + 6 + \frac{3.36 - 2.28}{3} = 6.82 \text{ t}$$

$$R_C = R_{C2} - \frac{M_C - M_B}{L_2} = 6 + \frac{3.36 - 2.28}{3} = 6.36 \text{ t}$$

零剪力點。在第一節之 a 段間，如任切一斷面，則該斷面之左祇有一 R_A 力，其方向順鐘針，故為正，但該斷面如稍過 W 重點之右，則該段上即有 R_A 及 W 兩力，其方向相反，且 W 大於 R_A 故其轉向為逆鐘針而成負數，是可知零剪力點，即在重心點。第二節之零剪力點，其距 C 支點之位置，若以 d 代之，則 $d = \frac{R_C}{W} = \frac{6.36}{4} = 1.59 \text{ m}$

支點間之力率。以 N_1 及 N_2 代零剪力點上之最大彎曲力率，可先求兩節之雙動支單樑力率，然後算該點上受支點上之負力率所影響之相當負力率相加之，即所求之力率。

$$\alpha_2 = \frac{1.57}{3} = 0.523; \quad c_1' = 0.249,$$

$$M_A = C_1 W L_1 = 0.16 \times 10 \times 6 = \underline{9.60 \text{ m-t}}$$

$$M_x = \frac{1}{2} C_1' W L_1^2 = 0.1245 \times 4 \times 3^2 = \underline{4.48 \text{ m-t}}$$

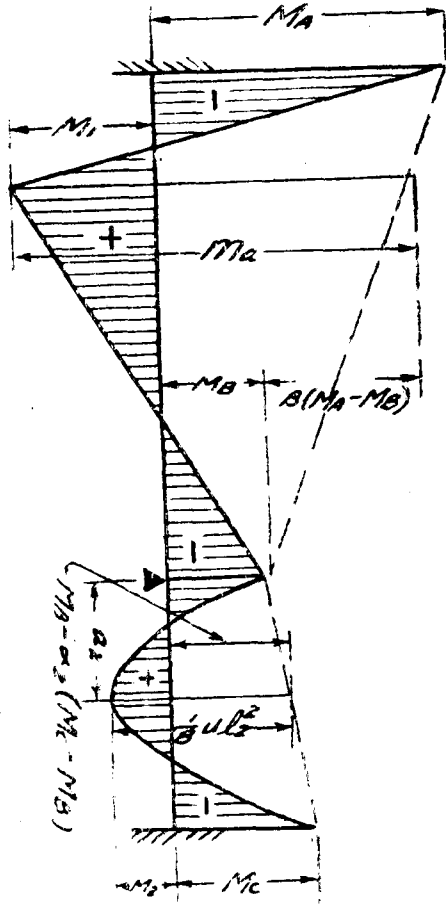
$$M_1 = M_A + M_B + \beta_1 (M_A - M_B) = 9.60 - 2.28 - 0.8(7.20 - 2.28) = \underline{+3.384 \text{ m-t}}$$

$$M_2 = M_x + M_B + \beta_2 (M_x - M_B) = 4.48 - 2.28 - 0.47(3.36 - 2.28) = \underline{+1.692 \text{ m-t}}$$

若將以上求出之各力率，按縮尺可作成力率圖如下：

支距每一公分長作一公尺，力率每半公分作「5」

圖八十七第



「乙」三聯樑。對等硬度單定支式之三聯樑計算如下題

靜荷重

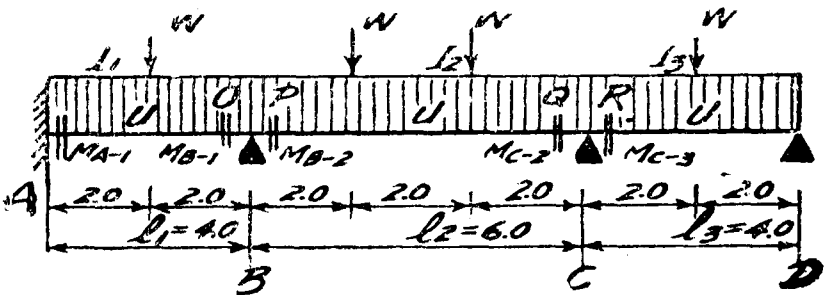
$$W_d = 2.5^t$$

$$M_d = 2t/m$$

動荷重

$$W_l = 4^t, M_l = 1.5t/m$$

橋樑道路工程學



圖八十六第

$$b_1 = b_2 = b_3 = 30\text{cm}$$

$$d_1 = d_3 = 60\text{cm}$$

$$d_2 = 75\text{cm}$$

硬度及函數

$$n_1 = n_2 = \frac{76^3}{400} = 540; \quad n_3 = \frac{76^3}{600} = 703;$$

$$O = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{540}{540 + 703} = 0.433; \quad P = 1 - O = 0.567$$

$$Q = \frac{4n_2}{4n_2 + 3n_1} = \frac{2812}{2812 + 1620} = 0.634 \quad R = 1 - Q = 0.366$$

$$\frac{1}{4}PQ = \frac{0.567 \times 0.634}{4} = 0.08987$$

$$C = 1 + \frac{PQ}{4} + \left(\frac{PQ}{4}\right)^2 + \left(\frac{PQ}{4}\right)^3 + \dots = 1.099$$

單樑定支點力率計算，本題之動荷重及靜荷重，須分別計算之。該樑之第一節及第二節，若分爲單樑時，均爲鑿定支式，而第三節爲單定支式，故荷重圖中，在D支點無M_D，及定支端之力率爲M_C，切勿誤用M_D爲最要。

靜荷重

$$M_{B,1}^{1-1} = -\frac{1}{8} W d_1 d_2 - \frac{1}{12} W d_1 d_2^2 = -\frac{1}{8} 2.5 \times 4 - \frac{1}{12} 2 \times 4^2 = -3.917 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_{B,1}^{2-2} = -\frac{2}{9} W d_1 d_2 - \frac{1}{12} W d_1 d_2^2 = -\frac{2}{9} \times 2.5 \times 6 - \frac{1}{12} 2 \times 6^2 = -9.333 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_{C,1}^{1-1} = -\frac{1}{8} W d_1 d_2 - \frac{1}{12} W d_1 d_2^2 = -\frac{1}{8} 2.5 \times 4 - \frac{1}{12} 2 \times 4^2 = -3.917 \text{ m} \cdot \text{t}$$

動荷重

$$M_{B,1}^{1-1} = -\frac{1}{8} W d_1 d_2 - \frac{1}{12} W d_1 d_2^2 = -\frac{1}{8} 4 \times 4^2 - \frac{1}{12} 1.5 \times 4^3 = -4.00 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_{B,1}^{2-2} = -\frac{2}{9} W d_1 d_2 - \frac{1}{12} W d_1 d_2^2 = -\frac{2}{9} 4 \times 6 - \frac{1}{12} 1.5 \times 6^2 = -9.833 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_{C,1}^{1-1} = -\frac{1}{8} W d_1 d_2 - \frac{1}{12} W d_1 d_2^2 = -\frac{1}{8} 4 \times 4 - \frac{1}{12} 1.5 \times 4^2 = -6.00 \text{ m} \cdot \text{t}$$

各支點之靜重力率。算式見「聯」第144頁(d)

$$d_B = M_{B,1}^{1-1} - M_{B,2}^{1-1} = -3.917 + 9.333 = +5.416 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$d_C = M_{C,2}^{1-1} - M_{C,3}^{1-1} = -9.333 + 5.875 = -3.458 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_A = M_{A,1}^{1-1} + \frac{1}{2} OC (d_B - \frac{2}{3} d_C) = -3.917 + \frac{1}{2} 0.433 \times 10.99 (5.416 + \frac{1}{2} 0.634 \times 3.458) = -2.390 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_B = M_{B,1}^{1-1} - OC (d_B - \frac{2}{3} d_C) = -3.917 - 0.433 \times 10.99 (5.416 + \frac{1}{2} 0.634 \times 3.458) = -7.011 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_C = M_{C,2}^{1-1} - R_6 (\frac{1}{2} P d_B - d_C) = -5.875 - 0.366 \times 10.99 (\frac{0.567}{2} 5.416 + 3.458) = -7.883 \text{ m} \cdot \text{t}$$

最大支點力率。先將每一節之動荷重，求各支點之力率如下，算式見「聯」第143頁。

第一節荷重

$$M_A = M_{A1} + \frac{1}{2} 0 C M_{B1} = -4.00 - \frac{0.433}{2} 1099 \times 4 = -4952 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_B = (1-0C) M_{B1} = -(1-0.433 \times 1099) 4.00 = -2096 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_C = -\frac{1}{2} P R C M_{B1} = +\frac{1}{2} 0.567 \times 0.366 \times 1099 \times 4 = +10455 \text{ m} \cdot \text{t}$$

第二節荷重

$$M_A = -\frac{1}{2} 0 C (M_{B2} + \frac{Q}{S} M_{C2}) = +\frac{0.433}{2} 1099 (9833 + \frac{0.634}{S} 9833) = +3080 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_B = R C (M_{B2} + \frac{Q}{S} M_{C2}) = -0.433 \times 1099 (1 + \frac{0.634}{S}) 9833 = -6160 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_C = R C (\frac{P}{S} M_{B2} + M_{C2}) = -0.366 \times 1099 (\frac{0.567}{S} + 1) 9833 = -5055 \text{ m} \cdot \text{t}$$

第三節荷重

$$M_A = \frac{1}{4} 0 Q C M_{C3} = -\frac{1}{4} 0.433 \times 0.634 \times 1099 \times 6.00 = -10451 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_B = -\frac{1}{2} 0 Q C M_{C3} = -2 M_A = +10902 \text{ m} \cdot \text{t}$$

$$M_C = (1-R C) M_{C3} = (1-0.366 \times 1099) 6.00 = -3590 \text{ m} \cdot \text{t}$$

將以上求出之各種支點力率，列表如下，將某支點之負號各值相加之，即為該支點上之最大力率，其為正號者，即該正力率之荷重節，以無動重論，故不之計。

節別	第一節	第二節	第三節	第四節
力率	2.390	-7.011	-7.883	
第一節荷重	-4.952	-2.095	+2.455	
第二節荷重	+3.080	-6.160	-5.055	
第三節荷重	-0.451	+0.902	-3.590	
第四節荷重		-15.267	-16.528	
最大力率	-7.793	-8.205	-11.018	
無動重論	+0.690	-13.170	-12.938	

上表中末二行之間節荷重力率，為求各節支點間之最大力率之用，如求第一及第三節之最大力率，用上表中末第二行之各支點力率為最大值，求第二節之最大力率，用末行之 M_B 及 M_C ，其反力及 M_1, M_2, M_3 之求法同上題，不復述。

「丙」四聯樑。等硬度及等勻佈重之算題，可用「聯」第六章各表求之。例如一雙動支等硬度四聯樑，其支距為 6.00 公尺，各節所荷之靜重為每公尺 300 公斤，動重為每

公尺 500 公斤，求各支點之最大力率？

按「聯」第六章第四表，即可求得靜荷重及動荷重各支點之力率如下：

$$M_A L^2 = 300 \times 5^2 = \underline{7500} \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$M_B L^2 = 450 \times 5^2 = \underline{11250} \text{ m} \cdot \text{kg}$$

靜荷重力率

$$M_B = M_B / L^2 = 450 / 1071 \times 7500 = \underline{-805} \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$M_C = c_1 M_A L^2 = -0.0714 \times 7500 = \underline{-535} \text{ m} \cdot \text{kg}$$

動荷重最大力率：——

$$M_B = M_B / L^2 = c_0 M_B L^2 = -0.205 \times 11250 = \underline{-1357} \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$M_C = c_1 M_A L^2 = -0.1027 \times 11250 = \underline{-1208} \text{ m} \cdot \text{kg}$$

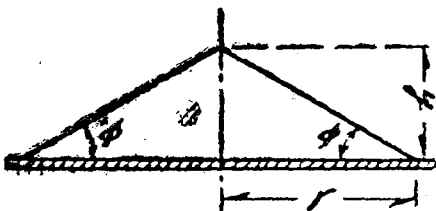
$$M_B = M_B' = -805 - 1357 = -2162 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$M_C = -535 - 1208 = -1743 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

第五節 水壓力及土壓力

在申論水壓力及土壓力之前，應先將各種砂泥之自然坡度角作簡略之說明。自然坡度角之求法，先將樣料捏碎，使失其各粒體間之粘性 (Cohesion) 用一四公尺正方之平板置地上，將碎料自高處傾倒板上，成一圓錐形，則錐形之斜面與平板所成之角度，即自然坡度角，以 ϕ 代之如第六十九圖。錐體之高 h 及錐體之底面半徑 r ，均可用相當量器量得，則

$$\tan \phi = \frac{h}{r} \quad \text{或} \quad \phi = \arctan \frac{h}{r} \quad \dots\dots\dots (44)$$



圖九十六第

自然坡度角之大小，不但甲物體與乙物體各別，即同一物體，而其含水成份不同，或顆粒大小不等，亦大相懸殊。普通各種物體之自然坡度角及其么重如下表：

類 別	自然坡 度角	自 然 坡 度	摩 擦 係 數 tan φ	么 重			
				每立方公尺之公斤數	每立方英尺之磅數		
砂 泥	18°	3:1	0.32	1440	90		
						(1) 乾 燥 濕 潤	110
						(2) 微 潮	120
粘 土	15°	3.2:1	0.31	2000	130		
						(1) 乾 燥 濕 潤	1760
						(2) 微 潮	1920
礫 石	40°	1.2:1	0.84	1760	110		
						(1) 顆 粒 立 有 序	1920
沃 土	30°	1.7:1	0.58	1760	120		
						(1) 乾 燥 濕 潤	1280
						(2) 微 潮	1440
沃 土	45°	1:1	1.00	1760	80		
						(1) 乾 燥 濕 潤	90
						(2) 微 潮	110

砂	(1) 乾 (2) 微飽 (3) 飽	燥 溼 和	35° 40° 30°	1.4:1 1.2:1 1.7:1	0.70 0.84 0.58	1600 1700 1920	100 110 120
---	--------------------------	-------------	-------------------	-------------------------	----------------------	----------------------	-------------------

(甲) 水壓力 (Water Pressure)。水之自然坡度角為零，其體重以公制言，為每一立方公尺重一千公斤（或一公噸）。按木力學公式之水壓力為

$$P = P_a + h \gamma \dots\dots\dots (45)$$

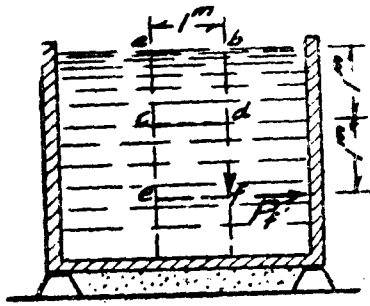
式中 P 為某點之么水壓力。

P_a 為水面上之么空氣壓力，約為 1 公斤/平方公分。

h 為水深。

γ 為么體重。

第七十七圖



設如第七十圖，若 $a_1c_1e_1$ 及 $b_1d_1f_1$ 兩虛綫間為一正方柱體，每邊之長為一公尺，則 a_1b_1 面上一平方公尺之總面積上，共負 10,000 公斤之空氣壓力，以 a_2b_2 面言，則除 a_1b_1 面所受

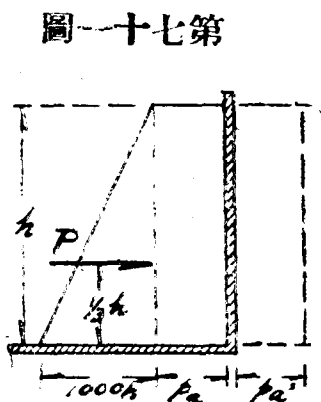
之空氣總壓力外，應再加上一立方公尺之水重，即。P₂面上之水壓力為

$$P_{e-d} = p_a + h\gamma = 10,000 + 1 \times 1000 = 11,000 \text{ kg/m}^2$$

同理可求得

$$P_{e-f} = P_a + h\gamma = 10,000 + 2 \times 1000 = 12,000 \text{ kg/m}^2$$

因水為無自然坡度之液體，故A點之垂直水壓力P_e與水平水壓力P_{e2}相等。由上而論，則水壓力之壓力圖，可繪出如左：——



圖一十七第

又因水箱內受水面上空氣壓力所成之矩形壓力圖，與水箱外之空氣壓力圖兩相抵銷，故水箱側壁上，祇一三角形之水壓力。該水箱側壁所受之總壓力(P₁)，若側壁之寬以一公尺計，則

$$P = \frac{1}{2} 1000h^2 = 500h^2 \dots\dots\dots (46)$$

其着力點離箱底為 $\frac{2}{3}h$ ，其方向與水箱之側壁成正交，故水

箱側壁之非垂直面者，則水壓力之方向，亦不成水平。

由上理而論，則算式(45)中之 P_a 可以不計，而任何種之流動液體之么壓力算式爲

$$P_h = h \gamma \dots\dots\dots (47)$$

式中 P_h = 液體 h 深度之么壓力； h = 液體之深度；

γ = 液體之么重。

海水之么體重，較大於淡水，約爲每立方公尺重 1025 公斤，故其壓力亦較大。又

設以淡水之么重 (γ) 作標準，則普通之液體壓力算式可化爲：

$$P_h = 1000 Ch \dots\dots\dots (48)$$

式中之 C 卽物體之比重，是求淡水之壓力 $C = 1$ ，求海水之壓力， $C = 1.025$ ，求水與

砂泥混合成之泥漿壓力，若該泥漿之比重爲 1.25，則其么壓力卽爲 1250 h ，而總壓力

$$P = 625h^2。$$

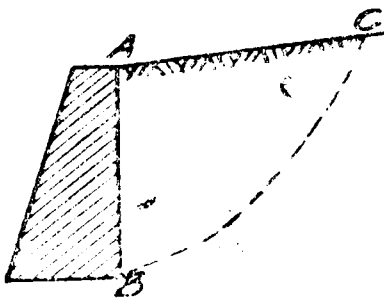
(乙) 土壓力 (Earth Pressure)。設計擋牆 (Retaining Wall) 時，其背面上壓力之大

小，着力點，及壓力方向三要素，必須先事確定，始可以定擋牆之厚度及底寬等。但泥土之壓力，不如水壓力之求法簡單，因水與水之間，自由流動，而泥土等物，則顆粒與顆粒之間，有摩擦阻力及黏結力之存在，不但甲物體與乙物體之壓力不同，即同一物體，其含水之成分與顆粒之大小等，均與摩擦阻力及黏結力發生密切關係。例如第七十二圖，AB為擋牆之背面，AC為泥土之頂面，若將擋牆移去，則ABC一部之泥土，將沿BC面而坍塌。是可知ABC一部之泥土之能保持原位置者，全由擋牆上之反力與泥土坍塌之力成平衡故也。

砂泥之摩擦阻力及黏結力，其關係複雜，無簡單之算式可以推求，故各種之土壓力算式，大都先假定以下幾種近似

之條件，如(1)裂面成一平面，(2)壓力之着力點同水壓力 $(\frac{1}{3})$ ，(3)壓力之方向與泥

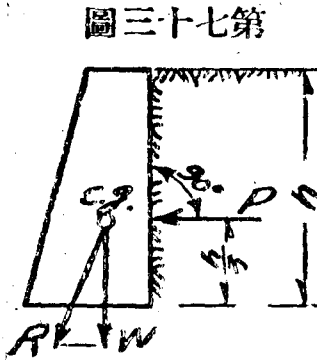
土之頂面成並行。凡此三者，皆不能絕對符合事實，故求出之值，實無準確之可言，但



圖二十七第

建築物之照此算式而設計者，幾百年來，尚無危險之發生，且與模型之試驗，亦無大出入，故雖不足以言準確，而其差在安全方面，尚無妨援用。下列各算式，為習用可靠者，分列如下：

1. 牆背垂直，泥土面與牆頂平（牆寬以一單位計）



圖三十七第

重。

2. 牆背垂直，泥土面向上傾斜

$$P = \frac{1}{2} W h^2 \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1}{2} W h^2 \tan(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \dots \dots (49)$$

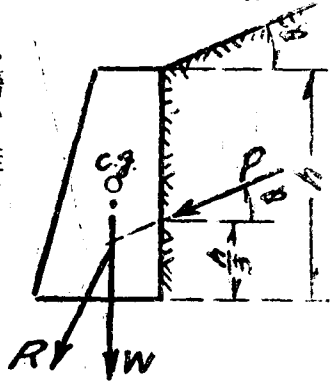
若 $\phi = 33^\circ 42'$ (1/2:1) 則 $P = 0.143 W h^2$

$\phi = 45^\circ 0'$ (1:1) 則 $P = 0.086 W h^2$

式中 ϕ 為泥土之么重， ϕ 為自然坡度角，圖中 P 為合力。

O 為擋牆之重心點 (C.G.)； W 為擋牆每一單位寬之總

圖四十七第



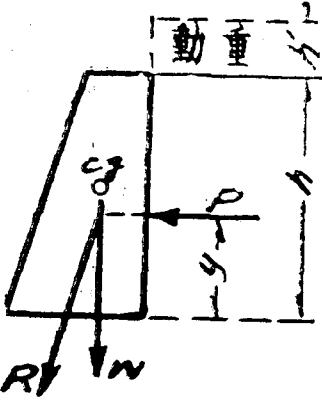
3. 牆首垂直，泥土頂加荷動重……

$$P = \frac{1}{2} W h^2 \cos \phi \dots\dots\dots (50)$$

若 $\phi = 33^\circ 42' (1\frac{1}{2}:1)$; $P = 0.416 W h^2$

若 $\phi = 45^\circ 0' (1:1)$; $P = 0.353 W h^2$

圖五十七第



$$P = \frac{1}{2} W h (h + 2h) \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots (51)$$

若 $\phi = 33^\circ 42' (1\frac{1}{2}:1)$; $P = 0.143 W h (h + 2h)$

若 $\phi = 45^\circ 0' (1:1)$; $P = 0.086 W h (h + 2h)$

$$P = \frac{1}{3} \times \frac{h + 3h}{h + 2h} \dots\dots\dots (52)$$

第六節 基 樁

建築物之能抵禦外力，不致移動或傾倒者，全恃基礎之穩定與否以為斷，而基礎之築於地面，視基床承托力之強弱而轉移。各種泥土之承托能力，約如下表：

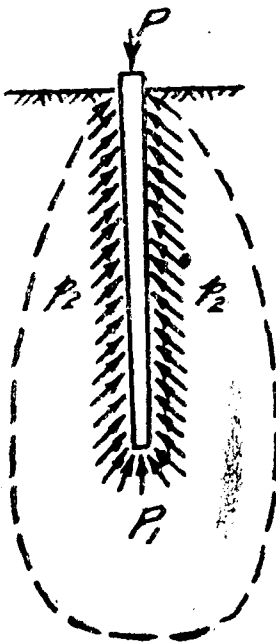
類 別	安 全		載 重	
	最 小	全 值	最 大	重 值
	公斤/平方公分	短噸/平方英尺	公斤/平方公分	短噸/平方英尺
石 岩	200	200	30	30
	25	25	20	20
	15	15	10	10
粘 土	6	6	8	8
	4	4	6	6
	1	1	2	2
礫石及粗砂	8	8	10	10
	4	4	6	6
砂	2	2	4	4
	0.5	0.5	1	1
硫砂沖積層泥土等	0.5	0.5	1	1

基址之能直接築於優良之岩石層者，則工省而堅固，自無待言，但使岩石層之深藏於地面下數十至數百公尺者，則其深不可達，勢不得不另求別法，如改進地質之承托力，或用寬大之基底，以減小么位之壓力等，遇上述各種之方法，仍不足以應基址之壓力或加寬基底工程之不經濟時，則最有效而最通用者，應用木料或鋼筋混凝土料之樁。

基樁之作用，若上層泥土鬆軟，而下層爲堅硬之岩石者，則樁頂之壓力，直接由樁身傳達底部之硬層。其設計應照普通之柱載重算式求之。若底層土質與上層相同者，則樁頂所載之重，全恃樁表面與泥土之摩擦阻力，以分散於樁周圍之泥土間，如第七十六圖。此類基樁之功用，可分三類：

(1) 藉下端之頂尖抵抗力 (Point

resistance) 以承荷重如 P_1 。



第七十六圖

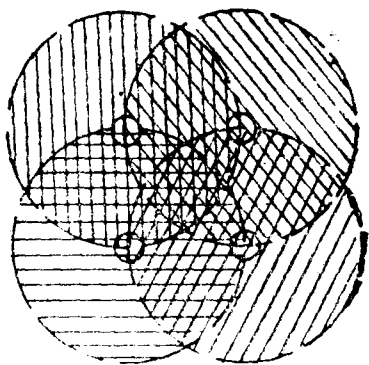
(2) 藉其周圍之表面摩擦阻力 (Skin friction) 以承何重如 P_2 。

(c) 藉打樁時之震動 (Vibration) 作用，使四周土質

益見結實，同時即增加其承托能力。

單基樁打入土中後，使樁周之泥土，因此所生之勢力圈，加上圖虛線所示。若有木樁四支，其樁距極近，至每樁之勢力圈，彼此重疊，如第七十七圖，致其底部

第七十七圖



之承托力，不能充分擴大至四倍於每一單樁之能力，是樁距不應太小，可斷言矣。普通以七十五公分至九十公分為宜，最小限度為樁直徑之兩倍半。

基樁之載重量計算，與計算土壓力之算式，為同一之困難情形，無準確完備之算式，可援用於任何種之土性，近數十年來，歐美各工程師，不知費盡若干心力，以探求完善之打樁算式，故現今可得而知之算式，不下數十，但此項算式，均限於某種土質為限，若施之別處或別種土質，弊竇立現，故徒見打樁算式之多，但無一算式，足以普遍適

用，可與實際符合者。打樁算式之最通行者，首推威靈登 (A. M. Wellington) 公式，亦稱工程新聞公式 (Engineering News Formula)，威氏公式如下：

$$Q_s = \frac{Wh}{s+c} \dots\dots\dots (53)$$

式中 Q_s 單個樁在靜荷重時之最大承量，以噸計

W 錘之重量，以噸計。

h 錘落之距離

s 最後錘擊時，基樁之沈陷距，通常用最後五擊或十擊之平均值。

C 恆數以代表基樁被擊時變形 (Deformation) 之影響，用落錘 C 為 1，用

汽錘 C 為 0.1。

威氏所用之安全率為 6，若 h 以英尺計，而 s 以英寸計，則樁在靜荷重之安全承

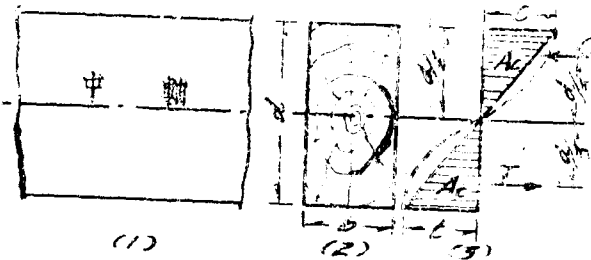
托量

$$Q = \frac{2Wh}{s+c} \dots\dots\dots (54)$$

第七節 鋼筋混凝土

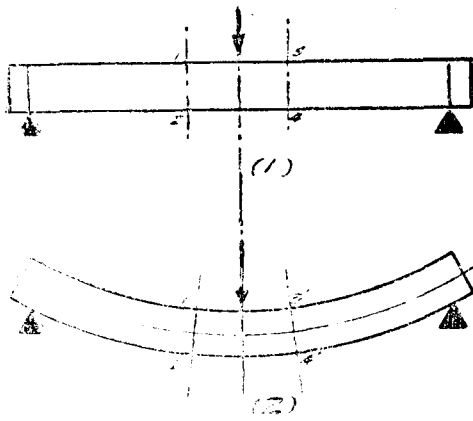
鋼筋混凝土為混凝土中，埋置鋼條或鋼網等之金屬物體而成之一種新建材料，其應用於工程上之歷史，尚不足六十年。就材料之體性而論，與其他材料，有一特殊之分別點，即鋼筋混凝土凝為異組織物 (Nonhomogenous materials)，而木材鋼鐵之類，均為等組織物 (Homogenous materials)。

等組織物橫樑之任何一斷面上，其引應力與擠應力之遞變情形，可用第七十八圖以說明之。(1) 為橫木樑之一段，(2) 為該樑之任何一斷面，(3) 為該斷面應力之遞變圖。設如一木橫樑，在未荷重前，成水平如第七十九圖，若先劃兩斷面線如 1-2 及 3-4，其 1-3 與 2-4 之距相等，若加一相當重於該樑之中心，則彎曲如 (2)，該彎曲之中心點，可由 1'-2' 及 3'-4' 兩綫引長



圖八十七第

圖九十七第



至相交處得之如 O ，再量 $1-3'$ 及 $2-4'$ 兩距離，則 $1-3'$ 必較原長 $1-3$ 為短，而 $2-4'$ 之距，必較長。又如物料之擠應力與引應力之強度相等者，則以上兩差數必相等，是可知 $1-1'3'$ 及 $2'-4'$ 兩距之平均值必與原長相等，同時亦與該樑之中軸上之距相等，是即普通之橫樑定律之一，即荷重前橫樑上之一斷面在荷重後，該斷面仍為平面。

以上兩相差數，即為變距，見本章第一節之「二」，再以第四十四圖之應力與么變距關係曲綫，在彈性限以內，成一直綫比例，故第七十八圖之(3)之應力遞變，應成直綫，又因。與 σ 之強度相等，故容應力之點，位於樑心。是即普通橫樑定律之二，即應力與么變形成正比。

中軸上下兩三角形之面積 A_c 及 A_t ，乘樑寬 b ，是為總擠力 C 及總引力 T ，而其着力

點離中軸之距為 $\frac{2}{3} \times \frac{d}{2} = \frac{d}{3}$ 。

C 與 T 成一偶力，是即內力率，按第二節之平衡律，則內力率必等於撓曲力率，故

$$B = \frac{2}{3}dC = \frac{2}{3}dT = \frac{1}{3}d(C+T) \dots\dots\dots(55)$$

以 f 代 c (或 t), C (或 T) = b A c (或 b A t), 及 A c (或 A t) = $\frac{d}{4}f$

故算式(55)可化爲 $B = \frac{1}{6}bd^2c = Sf \dots\dots\dots(56)$

上式中之 s 見本章第一節之(十四)，故算式(56)又可化爲

$$B_y = If \dots\dots\dots(57)$$

等組織物橫樑之設計，若撓曲力率可由荷重及支距等之關係而求出，則 B 爲已知數，f 之值不應超過於規定之設計應力，則 B, f 均爲已知值，援算式(56)即可得 s 之應需值，s 之值已知，則 b, d, 之尺寸，亦可求得矣。

橫樑之斷折，除力率問題外，尚有剪力之破壞力，故用算式(56)或(57)求出之尺寸，應核算其么剪力值，是否超過規定之數，凡支距較長而荷重不大者，大抵由撓曲

力率算出之 b, r 較大，反之若支距不長而荷重殊大者，則由剪力求出之尺寸較大。

由以上兩算式及第七十八圖(3)之應力圖，可明工字樑溝樑等之理由矣。

(甲) 距形樑 (Reinforced Concrete Rectangular Beam). 混凝土爲富於擠應力而短於引應力之物料，由實驗之證明，其最大引應力雖亦有 14 公斤/平方公分 ，但既不一致，且亦極微，故設計時，多棄之不計。鋼鐵則長於引力而短於硬度，故兩相配合一體，凡擠應力悉由混凝土當之，而引應力全由鋼筋任之，是所謂相得益彰，成爲今日各建築物中最重要之一種。

上節之兩橫樑定律，在鋼筋混凝土橫樑上仍爲適用。鋼筋之引應力以不超過彈性限度，而混凝土之擠引力遞變，仍作直線式如第七十八圖之(3)，但因混凝土之設計擠應力與鋼筋之設計引應力相差，在二十至三十倍以上，故其零應力軸，即中軸，不能恰在樑之中心，且其位置，視所用之鋼筋多寡而轉移。茲先將算式或圖中所用各符號字，分

別註明如下：

- A || 柱斷面之總擠面積；
- A_b || 橫樑之有效面積 || b_l ；
- A_c || 擠鋼筋之面積；
- $\bar{A}_c = \frac{A_c}{A_b}$ ；
- A^o || 相當面積 || 混凝土面積 + B 倍之鋼筋面積；
- A_s || 引鋼筋之面積；
- $\bar{A}_s = A_s / A_b$ ；
- A_u || 鋼筋與混凝土之黏合面積；
- A_v || 柱身之豎鋼筋面積；
- $\bar{A}_v = A_v / A$
- A_w || 樑身某段之鋼箍及彎鋼筋總面積；
- a || 內力率之力率距，重距；
- $\bar{a} = a / d$ ；
- R || 撓曲力率；
- b || 樑寬，混凝土擠力方面之寬；
- h_r || 丁樑底寬；
- $\bar{b}_r = b_r / b$
- C || 混凝土之總擠力；總擠力；
- C_c || 擠鋼筋之總擠力；
- C^o || 相當混凝土之總擠力；
- C_o || 么擠應力；
- c_o || 擠鋼筋之么擠應力；
- c_{av} || 平均么擠應力；

- D 總高；
- d 有效高，淨高；
- E 彈性率；
- E_c 混凝土之彈性率；
- E_s 鋼筋之彈性率；
- $E = E_s/E_c$ 混凝土之彈性率；
- e 偏心距；
- r 旋半徑 $= \sqrt{A/I}$ ；
- h 高度；
- I 安量；
- I_c 混凝土之安量；
- I_s 鋼筋之安量；
- i 擠鋼筋中心至混凝土外緣之距； $i = i/n$
- l 支距，長度；
- l_v 柱之垂直長度，
- M 力率；
- m 力率；公尺；
- n 中軸距；
- $n = n/d$
- P 總壓力；柱之安全荷重；
- P_c 混凝土之總壓力；
- P_s 修柱之安全荷重；
- P_s 鋼筋之總壓力；

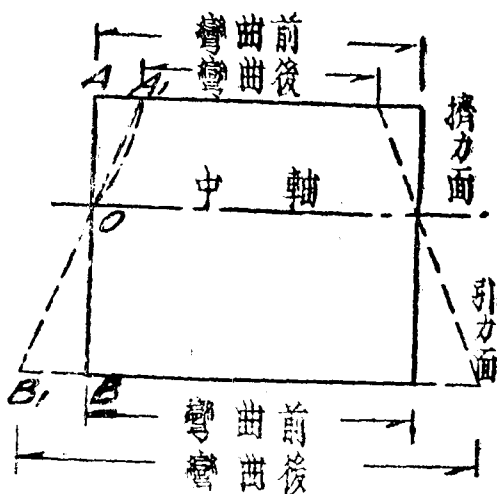
- P 〃 么壓力；
 P_s 〃 鋼箍距；
 q 〃 $t/c \cdot \sigma$ ；
 R 〃 抗力率；反力；
 R_c 〃 混凝土之抗力率；
 R_s 〃 鋼筋之抗力率；
 S 〃 總剪力；斷面率；
 s 〃 么剪應力；
 S_p 〃 混凝土之平板厚度
 $|S_p|$ 〃 $S_p/n \cdot \sigma$ ；
 SS 〃 鋼筋之么剪應力；
 T 〃 總引力；鋼筋之總引力；
 t 〃 么引應力；公噸；
 u 〃 黏合么應力；勻佈重；
 V 〃 容積，體積，混凝土之有效體積； V_s 〃 鋼箍之體積；
 $\overline{V_s} = V_s/V \cdot \sigma$ ；
 W 〃 總重；集中重；
 α 〃 撓角；重距比 $= \frac{a}{l}$ ；無限大；
 β 〃 重距比 $= b/l \cdot \sigma$ ；
 γ 〃 重距比 $= c/l$ ；
 ϕ 〃 直徑

鋼筋之設計應力（見本章第一節之（八）），普通所用者，為 1000—1500 kg/cm²

混凝土之最大擠應力，（見第十章第三十圖），而其設計應力，為 $30 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ 以吾國各都市所規定者而論，大多為鋼筋 1200 kg/cm^2 混凝土 $40 \sim 45 \text{ kg/cm}^2$ 鋼筋之彈性率（見本章第一節之〔六〕）（ E_s ）約為 $2,100,000 \text{ kg/cm}^2$ ，混凝土之彈性率（ E_c ）隨混凝土擠力之強弱而高下，殊不一致，故兩者之比較， E_c 約自 $8 \sim 20$ 或以上，以普通強

度之混凝土言，其擠應力在 $40 \sim 60$ 者， E_c 用 1400000 kg/cm^2 即 $E_c = 15$ ，最為通用。

第八十圖

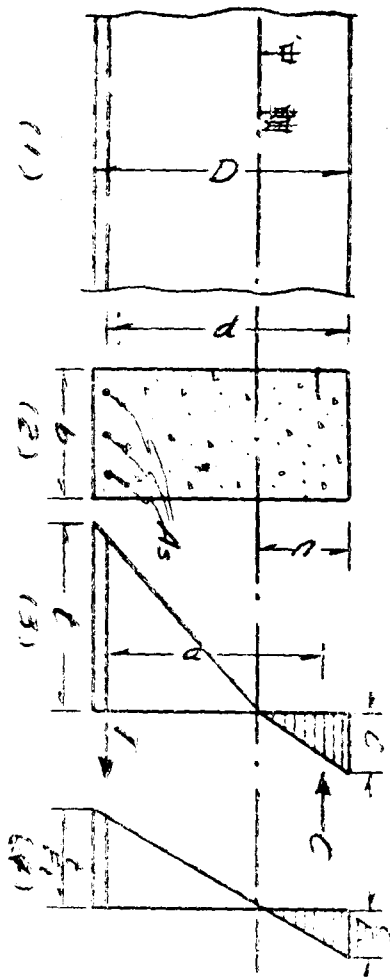


按本節之普通橫樑定律（1）。及第七十九圖，即斷面之在未彎曲前成平面者，則該斷面在彎曲後，仍為平面，參閱第八十圖， A, B 斷面在彎曲後，繞 O 點旋轉成 A_1, B_1 ，換言之，中軸上之混凝土，受擠引力而變形，至樑頂為最大，即 ΔA_1 之距，同

理中軸下之鋼筋，受引應力而發生延長變形，其所變之距，亦隨離中軸之距成正比。就

實驗而論，混凝土之彈性率，隨砂礫之性質，混凝土之年齡，含水量，及應力之高下而增減，但通用之算式，均假定其為一恆數，庶其變形成一 $A_1 O B_1$ 直線如上圖。由算式 (17) $E = \frac{t}{\delta}$ 而變化之，得 $\delta = \frac{t}{E}$ ，故 $A_1 A_2$ 之距，可以 O_1 代之，而 $B_1 B_2$ 之距，以 O_2 代之如第八十一圖之

第八十一圖



T 或 $\frac{1}{2} b c n = A_s t \dots \dots \dots (58)$

就第八十一圖之(4)，可列成另一算式

(4)。由該圖之(3)，得 $O_1 = \frac{1}{2} b c n$ ，及 $T = A_s t$ ，就經濟原則而論 $a O_1 = a T$ ，則鋼筋與混凝土之應力，均充分利用，兩無虛耗，是即 $O_1 =$

$$\frac{\sigma}{E_c} = \frac{n}{d-n} \text{ 或 } t = E_c \frac{d-n}{n} \dots\dots\dots (59)$$

$$\frac{\sigma}{E_t}$$

再由算式(59)以 n 代 d 及 σ 代 t ，得

$$n = \frac{E_t}{q+E} \dots\dots\dots (60)$$

由(58) (59)兩式，以 $A_s b d$ 代 A_s ，及銷去 n ，得

$$A_s = \frac{E_t}{2q(q+E)} \dots\dots\dots (61)$$

以已知數 q 及 E 代入以上兩式，可得 Δ_s 及 A_s 各值如下表：

q	\bar{A}_s					n					a						
	$\bar{A}_s = 15E$	$12E$	$10E$	$15E$	$12E$	$10E = 15E$	$12E$	$10E = 15E$	$12E = 10E$								
15	0.01670	0.1480	0.1330	0.50000	0.4440	0.40000	0.83330	0.85180	0.8667								
20	0.01070	0.09340	0.0780	0.42860	0.37500	0.31250	0.85710	0.87500	0.8958								
25	0.00750	0.0650	0.0570	0.37500	0.32430	0.28570	0.87500	0.89190	0.9048								
30	0.00560	0.0480	0.0420	0.33330	0.28570	0.25000	0.88890	0.90480	0.9167								
35	0.00430	0.0360	0.0320	0.30000	0.25530	0.22220	0.90000	0.91490	0.9253								
40	0.00340	0.0290	0.0250	0.27270	0.23680	0.20000	0.90910	0.92310	0.9333								
45	0.00280	0.0230	0.0200	0.25000	0.21050	0.18180	0.91670	0.92980	0.9394								
50	0.00230	0.0190	0.0170	0.23080	0.19360	0.16950	0.92310	0.93550	0.9435								

若所用之鋼筋數量，大於算式(59)，則 α 之值增，反之即 \bar{A}_s 之值小，則 α 之值亦減，故 α 之值，應另用算式(52)以求之如下：

以算式(55)代入算式(58)，及 \bar{A}_s 代 \bar{A}_s ，得

$$n = \sqrt{2\bar{A}_s E + (\bar{A}_s E)^2 - \bar{A}_s E} \dots \dots \dots (62)$$

$$\bar{n} \sqrt{2\bar{E}_r + (\bar{E}_r)^2 - \bar{E}_r}; \quad \bar{a} = 1 - \frac{1}{3}\bar{n}$$

	$\bar{E} = 15$		$\bar{E} = 12$		$\bar{E} = 10$	
	\bar{n}	\bar{a}	\bar{n}	\bar{a}	\bar{n}	\bar{a}
0.0020	0.217	0.928	0.196	0.935	0.181	0.940
0.0022	0.222	0.926	0.204	0.932	0.189	0.937
0.0024	0.231	0.923	0.212	0.929	0.197	0.934
0.0026	0.240	0.920	0.220	0.927	0.204	0.932
0.0028	0.248	0.917	0.227	0.924	0.210	0.930
0.0030	0.258	0.914	0.235	0.922	0.217	0.928
0.0032	0.263	0.912	0.241	0.920	0.223	0.926
0.0034	0.271	0.910	0.248	0.917	0.229	0.924
0.0036	0.277	0.908	0.254	0.915	0.235	0.922
0.0038	0.284	0.905	0.260	0.913	0.241	0.920
0.0040	0.292	0.903	0.266	0.911	0.246	0.918
0.0042	0.297	0.901	0.270	0.910	0.251	0.916
0.0044	0.303	0.899	0.276	0.908	0.256	0.915
0.0046	0.309	0.897	0.281	0.906	0.261	0.913
0.0048	0.315	0.895	0.286	0.904	0.266	0.911
0.0050	0.320	0.893	0.291	0.903	0.270	0.910
0.0052	0.324	0.892	0.295	0.901	0.275	0.908
0.0054	0.329	0.891	0.300	0.900	0.279	0.907
0.0056	0.333	0.889	0.304	0.899	0.284	0.905
0.0058	0.337	0.888	0.309	0.897	0.288	0.904

由上式，代入已知數 \bar{n} 及 \bar{E} ，可得 \bar{a} 及 \bar{a} 之值如下表：

按之平衡律，則 $R=B$ ，或 $R_c=R_s=B$

0.0060	0.344	0.885	0.314	0.895	0.294	0.902
0.0062	0.348	0.884	0.317	0.894	0.297	0.901
0.0064	0.352	0.883	0.322	0.893	0.299	0.900
0.0066	0.356	0.881	0.325	0.892	0.303	0.899
0.0068	0.360	0.880	0.330	0.890	0.307	0.898
0.0070	0.365	0.878	0.334	0.889	0.311	0.897
0.0072	0.369	0.877	0.338	0.887	0.315	0.895
0.0074	0.372	0.876	0.342	0.886	0.318	0.894
0.0076	0.376	0.875	0.345	0.885	0.322	0.893
0.0078	0.380	0.873	0.349	0.884	0.325	0.892
0.0080	0.384	0.872	0.353	0.882	0.328	0.891
0.0082	0.387	0.871	0.356	0.881	0.331	0.890
0.0084	0.390	0.870	0.360	0.880	0.334	0.889
0.0086	0.394	0.869	0.363	0.879	0.337	0.888
0.0088	0.398	0.867	0.366	0.878	0.341	0.887
0.0090	0.402	0.866	0.370	0.877	0.344	0.885
0.0092	0.405	0.865	0.373	0.876	0.347	0.884
0.0094	0.407	0.864	0.376	0.875	0.350	0.883
0.0096	0.411	0.863	0.379	0.874	0.353	0.882
0.0098	0.414	0.862	0.381	0.873	0.355	0.882
0.0100	0.418	0.861	0.385	0.872	0.358	0.881
0.0120	0.446	0.851	0.412	0.863	0.384	0.872
0.0140	0.471	0.843	0.436	0.855	0.407	0.864
0.0160	0.493	0.836	0.457	0.848	0.428	0.857
0.0180	0.513	0.829	0.476	0.841	0.446	0.851
0.0200	0.531	0.823	0.493	0.836	0.463	0.846

又因 $R_c = aU$ 及 $R_s = aI$ ，故

$$R_c = \frac{1}{2} c a n b d^2, \text{ 及 } R_s = a A_s t b d^2$$

$$\text{即 } B = \frac{1}{2} c a n b d^2 \dots\dots\dots (63)$$

$$\text{或 } B = t a A_s d \dots\dots\dots (64)$$

以 $\frac{1}{2} c a n$ 代 $\frac{1}{2} c a n$ ，及 $\frac{1}{t}$ 代 $t a$ ，則算式 (63) (64) 可簡化成以下兩式：

$$d = k \sqrt{\frac{R}{n}} \dots\dots\dots (65)$$

$$A_s = k' \sqrt{R d} \dots\dots\dots (66)$$

式中 B — 撓曲力率 (單位 $\text{cm} \cdot \text{kg}$)， b 及 d 之單位為 cm ，

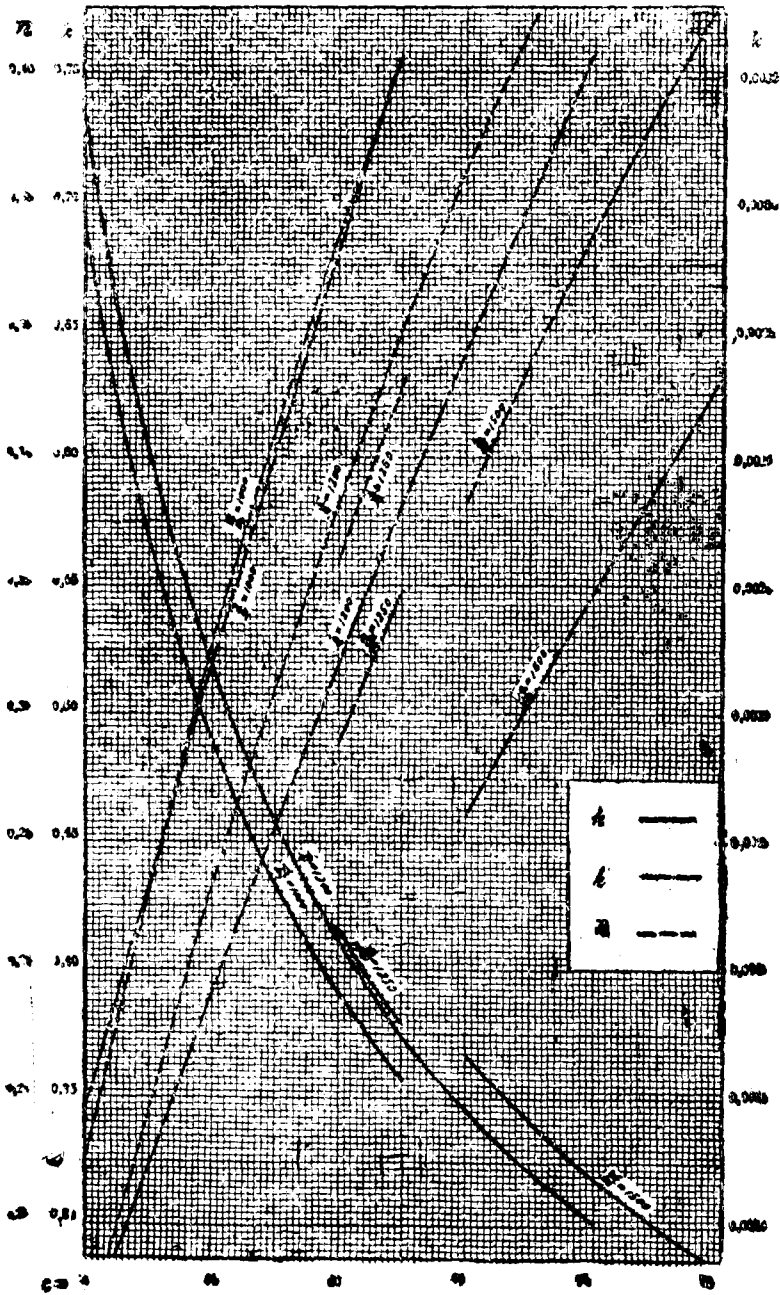
A_s 之單位為 cm^2 ， c 及 t 不應超過當地政府規定之設計應力，由用 15 及 16 見已

前兩表，故不及可算出如下表，及第八十二圖。

c	$\tau = 1500 \text{ kg/cm}^2$				$\tau = 250 \text{ kg/cm}^2$			
	δ	k	k'	$\bar{\pi}$	δ	k	k'	$\bar{\pi}$
70 kg/cm^2	150/7	0,2636	0,002725	0,412	—	—	—	—
65 "	300/13	0,2999	0,002559	0,394	—	—	—	—
60 "	25	0,3187	0,002390	0,375	—	—	—	—
55 "	300/11	0,3409	0,002218	0,357	—	—	—	—
50 "	30	0,3574	0,002041	0,338	—	—	—	—
45 "	—	—	—	—	250/9	0,3789	0,002391	0,351
40 "	—	—	—	—	125/4	0,4158	0,002157	0,324
35 "	—	—	—	—	—	—	—	—
30 "	—	—	—	—	—	—	—	—
25 "	—	—	—	—	—	—	—	—
20 "	—	—	—	—	—	—	—	—

c	$\tau = 1200 \text{ kg/cm}^2$				$\tau = 100 \text{ kg/cm}^2$			
	δ	k	k'	$\bar{\pi}$	δ	k	k'	$\bar{\pi}$
70 kg/cm^2	—	—	—	—	—	—	—	—
65 "	—	—	—	—	—	—	—	—
60 "	20	0,3012	0,003228	0,429	—	—	—	—
55 "	210/11	0,3214	0,003091	0,407	—	—	—	—
50 "	24	0,3454	0,002768	0,385	—	—	—	—
45 "	90/3	0,3746	0,002528	0,360	200/9	0,3569	0,003236	0,403
40 "	30	0,4108	0,002282	0,333	25	0,3904	0,002928	0,376
35 "	210/7	0,4571	0,002029	0,304	200/7	0,4330	0,002609	0,344
30 "	40	0,5085	0,001768	0,273	100/3	0,4895	0,002279	0,311
25 "	48	0,5642	0,001494	0,238	40	0,5660	0,001337	0,273
20 "	60	0,6310	0,001220	0,200	60	0,6537	0,001561	0,231

圖二十八第



算式(55)及(56)兩式，為設計鋼筋混凝土橫樑受撓曲力率之應需斷面及鋼筋，但鋼

筋混凝土橫樑之破壞力，尚有剪力及鋼筋與混凝土之黏合力兩種。混凝土之設計剪應力，通常規定為十分之一之擠應力，若橫樑之剪應力超過此數時，應另用鋼箍及彎鋼筋助之，計算每段中應用鋼箍及彎鋼筋之面積 (A_w) 算式如下：

$$A_w = \frac{s b l}{f} \dots\dots\dots (67)$$

式中 a 某段之最大之剪力， b 該段之樑寬

l 該段之長 f 鋼筋之引應力

但上式中之 s 值，亦不應超過 $0.25c - 0.3c$ 之值，即 $24 - 30$ 倍之混凝土剪應力。

鋼筋與混凝土之結合面，絕對不應移滑，故尺寸較大之鋼筋，因其皮面積與斷面積之比數較小，即每單位之磨擦阻力較大，故以採用竹節鋼筋為宜，混凝土之設計磨擦阻力約自 $6 - 7 \text{ kg/cm}^2$ ，而磨擦阻力最大之點，即剪力最大之處，計算磨擦阻力，或黏合應力之算式如下：

$$\mu = \frac{s}{a A_n} \dots\dots\dots (68)$$

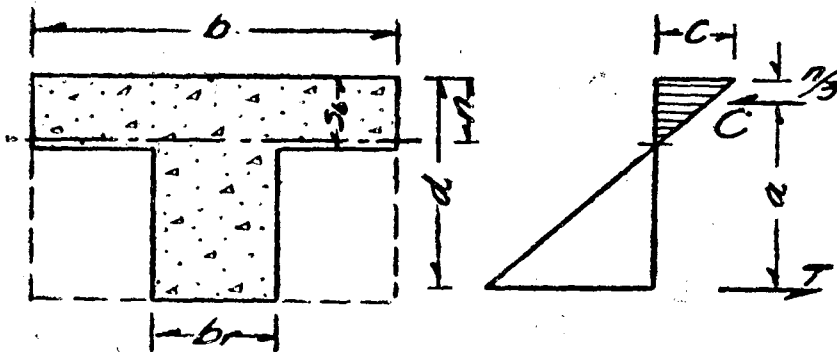
式中 S 為某段之總剪力； A_n 為該段中鋼筋之總皮面積；若 ξ 之值超過 $\frac{1}{6}$ 或 $\frac{1}{7.5}$ 時，可改用面積相等而尺寸較小之鋼筋，則 A_n 可增，即 ξ 之值可減也。

上列 (65) (66) (67) 及 (68) 四式，為設計矩樑上最重要之算式。

(乙) 丁字樑 (T Beam)。丁字樑之上緣 (Flange) 厚而淨高較小者，則其中軸位置，仍在上述以內，如第八十三圖，則求撓曲力率之應需斷面，與虛綫聯成之矩形樑，全無分別，因總剪力 C 仍為 $\frac{1}{2} b h$ 。

T 樑之上緣，普通即樓板橋板等之一部份，故 b 之值不應超過下列三種之規定：——

- (1) 四分之一之丁樑支距；



圖三十八第

(2) 丁樑與丁樑之距

(3) 十二倍之樓板厚度，或底寬加八倍之樓板厚，即 $b_{br} + 8S_b$ 。

因丁樑之 b 極大，故由撓曲力率求出之 d 頗小，致其剪力常超出規定之數。因

剪力， $V = \frac{V}{a b r}$ ，故丁樑之樑高，常由剪力關係而確定之。

若丁樑之中軸在樓板以下者，(即 $n > S_b$)，則 $C = \frac{1}{2} b c n$

$$- \frac{1}{2} (b - b_r) c_1 (n - S_b)$$

$c_1 = c \left(1 - \frac{S_b}{n}\right)$ ，設 $\bar{S}_b = \frac{S_b}{n}$ 及 $\bar{b} = \frac{b_r}{b}$ ，則 $C = \frac{1}{2} b c n \left[1 - \right.$

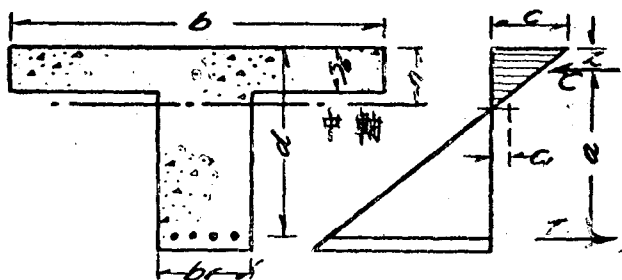
$\left. (1 - \bar{b})(1 - \bar{S}_b)^2 \right]$ 設 $\frac{b_r}{b} = \frac{1}{3}$ ，及 $\bar{S}_b = 0.9$ ，則括弧中之總值為

$$0.993$$

又設 $\frac{b_r}{b} = \frac{1}{3}$ ，及 $\bar{S}_b = 0.8$ ，則括弧中之總數為 0.973

故 b_{br} 及 S_b 之值大者，雖仍用算式 (65) 以求樑高，影響

圖四十八第



極微。

若 $\overline{b_r}$ 及 $\overline{S_b}$ 之值較小者，為簡單計，可將丁樑上緣以下之一小部份擠應力，略而不計，則混凝土之總擠力 C ，如上圖影綫所示之一不等四邊形圖，么擠應力之平均值 $(1 - \frac{1}{2} \overline{S_b})$ ，故總擠力 $C = b \overline{S_b} c (1 - \frac{1}{2} \overline{S_b})$ ，因總擠力等於總引力，故

$$A_s t = bc \overline{S_b} (1 - \frac{1}{2} \overline{S_b}) \dots\dots\dots (69)$$

由算式(60)及(69)兩式，銷去 a 及 c ，各數，得

$$n = \frac{2A_s \overline{E} d + b \overline{S_b}^2}{2A_s E + 2b \overline{S_b}} \dots\dots\dots (70)$$

T樑樑頂至擠力中心之距為

$$Z = \frac{3n - 2 \overline{S_b}}{2n - \overline{S_b}} \times \frac{\overline{S_b}}{3} \dots\dots\dots (71)$$

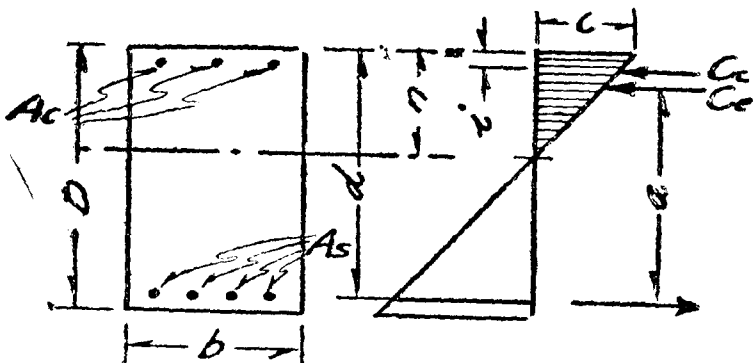
$$a = d - Z$$

$$B = t a A_s d = a bc \overline{S_b} (1 - \frac{1}{2} \overline{S_b}) d \dots\dots\dots (72)$$

因丁樑算式中之 σ 略大於矩形樑，（其最大差數約為百分之五），故求丁樑中鋼筋之面積，如仍用算式(66)，差在安全方面，無妨援用。

(丙) 複筋樑 (Beam with steel in top and bottom)。

矩形樑之樑高，有時因別種問題而受限制時，則總擠力過小，或擠應力超過規定限度，欲 c 之值仍不超過限度，則總擠力之不足數，亦可加用鋼樑以補充之。但擠鋼筋之擠應力，以 i 倍於擠鋼筋位置上之混凝土擠引力為度，因超過 i 倍時，混凝土與擠鋼筋之變距，不能一律。故擠鋼筋應位置於樑之頂部，但擠鋼筋面至混凝土表面之距，至少須 $2.5i$ 公分，作保護鋼筋之用，若擠鋼筋之直徑為 $2.5i$ 公分者， i 之值約為 $2.5i$ 公分。由第八十五圖，可算出



圖五十八第

$$c_c = \frac{E n - i}{n} c \quad \text{及} \quad c_c = A_c E \left(1 - \frac{i}{n}\right) c$$

$$C_c = C + C_c = \frac{1}{2} b c n + A_c E \left(1 - \frac{i}{n}\right) c \dots\dots\dots (73)$$

按正常之步驟以推求複鋼筋樑之算式，殊屬繁冗，茲試述一簡法如下。

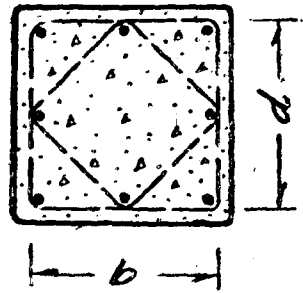
若複鋼筋樑之 c_t 應力，與矩樑之應力相等者，則兩樑之中軸位置亦相同，基此理由可用算式(66)及已知之撓曲力率 B ，及樑高 d 求引鋼筋之應需面積 A_s ，則總引力 T 為 $A_s t$ ，因 $T = C_c$ ，故

$$A_s t = C + C_c \quad \text{或} \quad C_c = A_s t - C \dots\dots\dots (74)$$

但 $c_c = A_c E \left(1 - \frac{i}{n}\right) c$ ，故

$$A_c = \frac{A_s t - \frac{1}{2} b c n}{E \left(1 - \frac{i}{n}\right) c} = \frac{A_s q - \frac{1}{2} b n}{E \left(1 - \frac{i}{n}\right)} \dots\dots\dots (75)$$

圖六十八第



(J) 柱 (Column)。按假定律鋼筋混凝土柱在載重時，鋼筋與混凝土之變形，不應

稍有差異，與橫樑中擠鋼筋之作用，初無歧異，故柱體中之豎

鋼筋 (Vertical Steel) 擠應力，亦為 E_c 倍之 c 值。鋼筋凝混土

柱，受最高值之擠應力時，其鋼筋以外之包皮層先行剝落，故

通行之建築章程，大多規定混凝土之有效面積為 $A = bd$ ，故

柱之總載重能力為

$$P = c [A + (E - 1) A_v] \dots\dots\dots (76)$$

$$\text{或 } P = c A [1 + (E - 1) \frac{A_v}{A}] \dots\dots\dots (77)$$

若 c 及 A 之值為已知數。則算式(76)可化為

$$\frac{A_v}{c(E-1)} = \frac{P - cA}{c(E-1)} \dots\dots\dots (78)$$

柱之斷面形，通常為正方形或矩形，亦有圓形或多邊形者。正方形柱中之豎鋼筋至少須四支，矩形柱之豎鋼筋，若柱斷面形之長邊超過短邊在 $\frac{1}{2}$ 倍以上者，則長邊方

向之鋼筋距離，不宜大於短邊方向之距離。柱身中之鋼筋含量，以百分之一至百分之三為限。鋼筋之最小直徑為十二公厘（ $\frac{1}{2}$ "）而最大直徑為五公分（2"）。

鋼箍之作用，在未澆混凝土以前，使豎鋼筋保持一定之位置，載重時可免豎鋼筋向外彈出之弊，故其體積（ V_s ）及其距離 p_s 亦有一定之限制，通常 V_s 以百分之一為最小限， p_s 為12倍之豎鋼筋直徑，或柱短邊之 $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ 倍。

修柱 (Long Column)。若柱身高而邊長小者，謂之修柱。修柱之高度(h)與其斷面之最小旋半徑(r_g)之比值，若超過 45 ，或柱高與柱短邊之比，超過 15 以上者，其安全載重 P ，應按比數而遞減如下表：

柱高與斷面旋半徑之最大比 (h/r_g)	45	54	63	72	81	90
方柱高與柱邊長之最大比 (h/b 或 h/d)	15	18	21	24	27	30
圓柱高與有效直徑之最大比 h/ϕ	12	15	18	21	24	27
安全載重	P	$0.8p$	$0.6p$	$0.4p$	$0.2p$	0

表中之P，先按算式第(76)或(77)求得之。

(戊)平板 (Slab)。平板之攔法，視橋樑之有無橫樑而分爲單向 (One direction) 及雙向 (Both directions) 攔支之兩種，雙向攔支式如第八十

七圖。但雙向攔支之橋板或樓板，其L₁/L₂之比數，

超過2以上者，其長邊向之分佈重力極微，故雖有

橫樑而仍作單向攔支計算。按普通所用勻佈重力之

分佈算式，若W₁，爲短邊向之分佈力，而W₂爲長

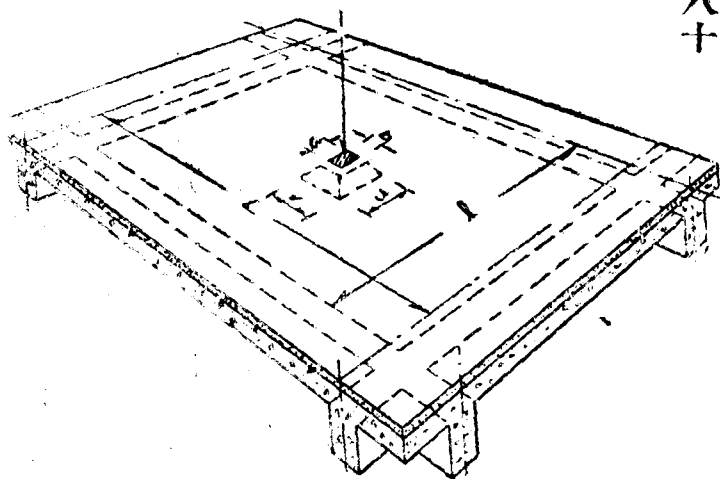
邊向之分佈力，W爲么勻佈重，即W = W₁ + W₂則

$$W_1 = \frac{L_2^4}{L_1^4 + L_2^4} W, \quad \text{及} \quad W_2 = \frac{L_1^4}{L_1^4 + L_2^4} W \dots (79)$$

橋板之厚度，若以行人牛馬等之勻佈重算出之

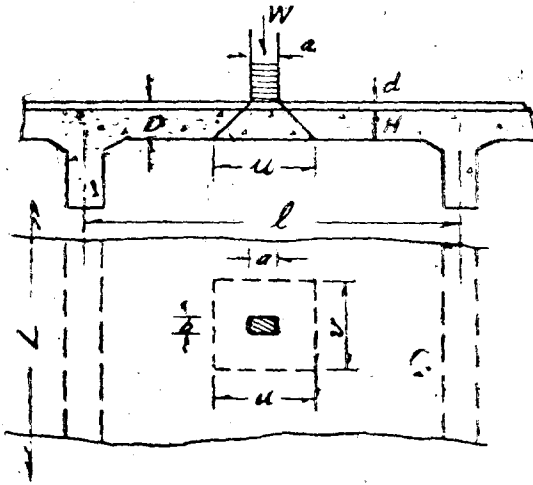
數，常較車輛後輪之集中重算出者爲小，故設計時

，應以車輛之載重作標準。車輛之集中重，經道路



圖七十八第

之鋪砌面及路基層之分佈情形，已見第三十五圖，茲就橋板之分佈趨勢，另作第八十八圖如下。



圖八十八第

計算集中荷重橋板之厚度，當推法國之名工程師片高氏法 (M. Pigeaud's Method) 最為完善，茲先將該法所用之各種符號字註明如下：

W 集中重

a 車輪與鋪砌面之橫向貼合寬

l 車輪與鋪砌面之縱向貼合寬

u 橫向分佈重之寬

v 縱向分佈重之寬

H 平板之厚

l 橫向之樑距

p 鋪砌層之厚

l 縱樑之樑距

E_1 || 橫向之力率含數

E_2 || 縱向之力率含數

M_1 || 每單位寬橫向之力率

M_2 || 每單位寬縱向之力率

求 E_1, E_2 之曲線圖，片氏分以下四種：——

(1) $\frac{L}{2} || 1$ (即正方形平板)

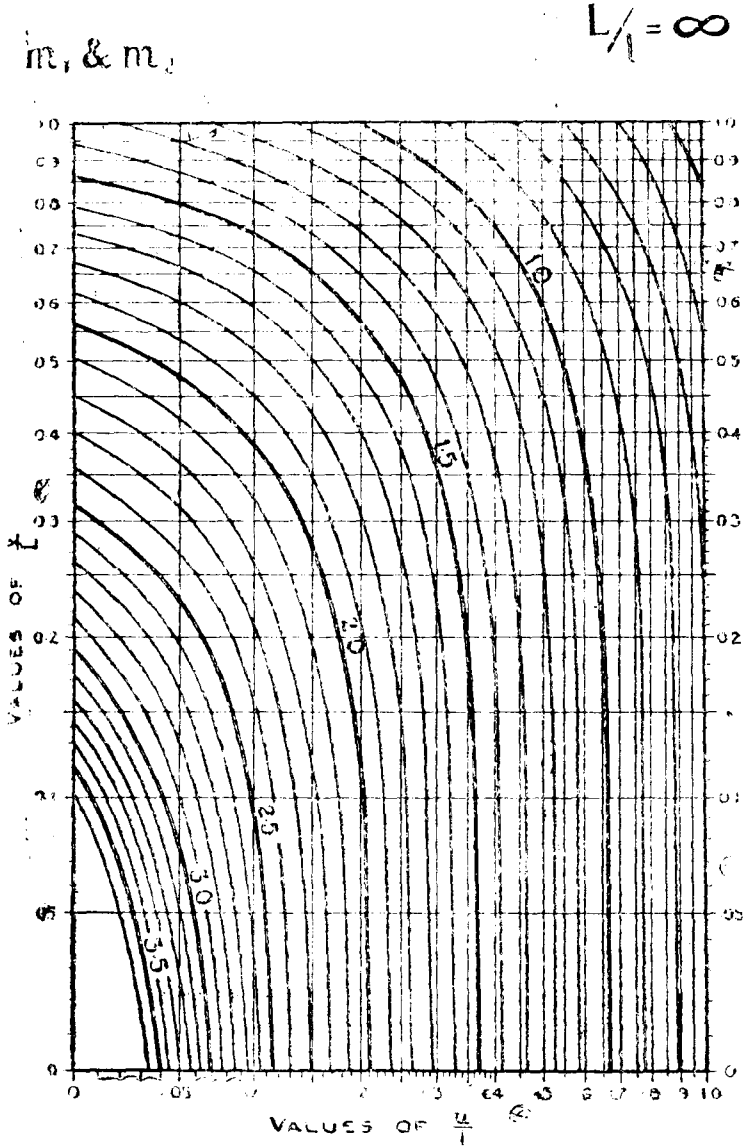
(2) $\frac{L}{2} || \sqrt{2}$

(3) $\frac{L}{2} || 2$

(4) $\frac{L}{2} || \infty$

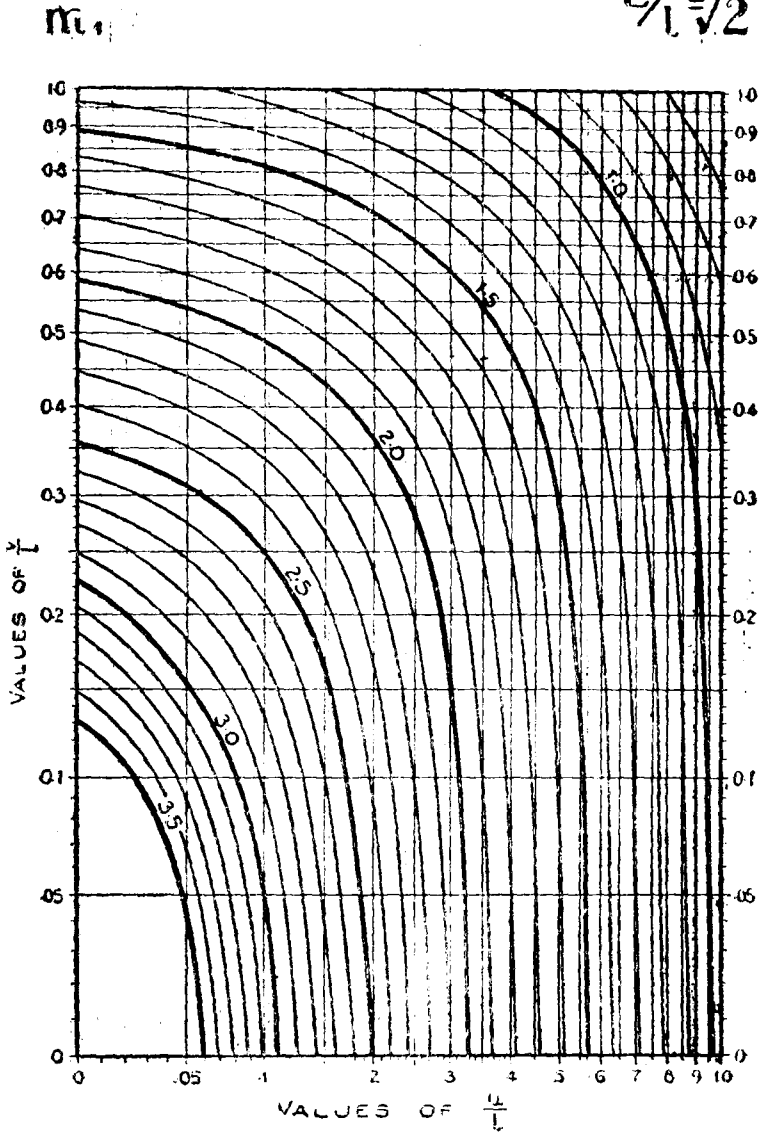
集中重經鋪砌層及橋板分佈後之寬度 \bar{m} 及 \bar{v} 之算式如下：——

圖九十八第

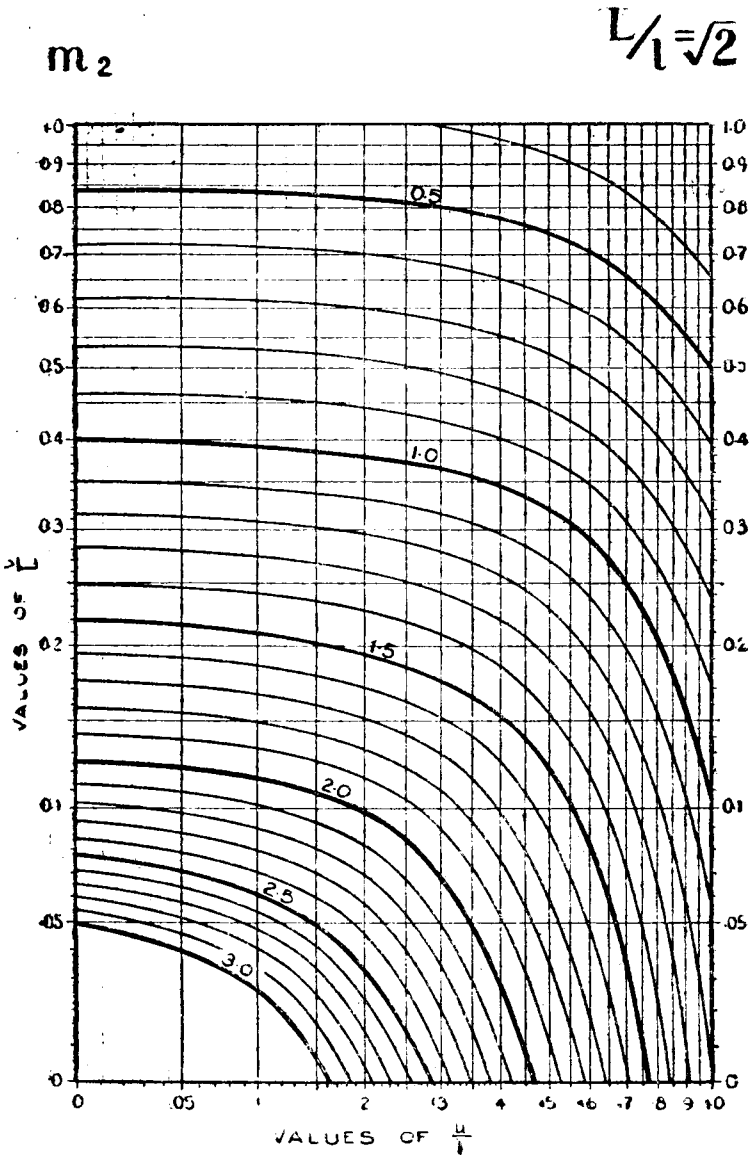


圖十九第

$$L/\sqrt{2}$$



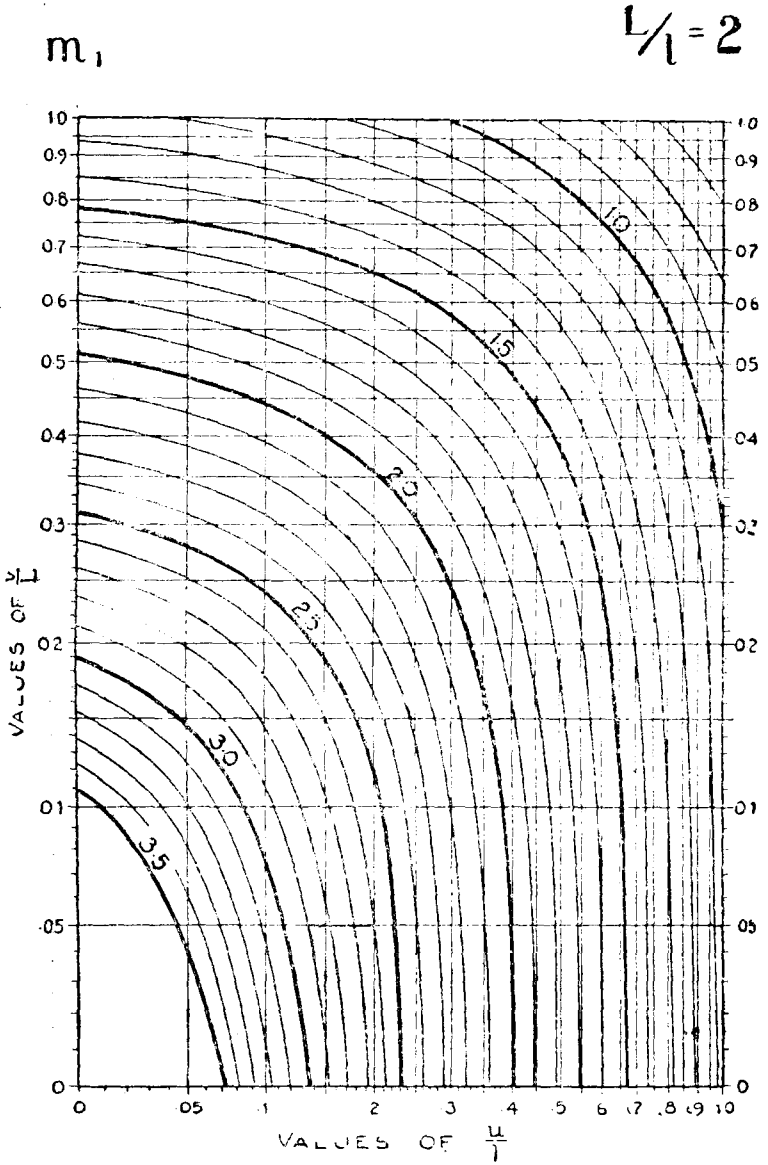
圖一十九第



圖二十九第

橋樑道路工程學

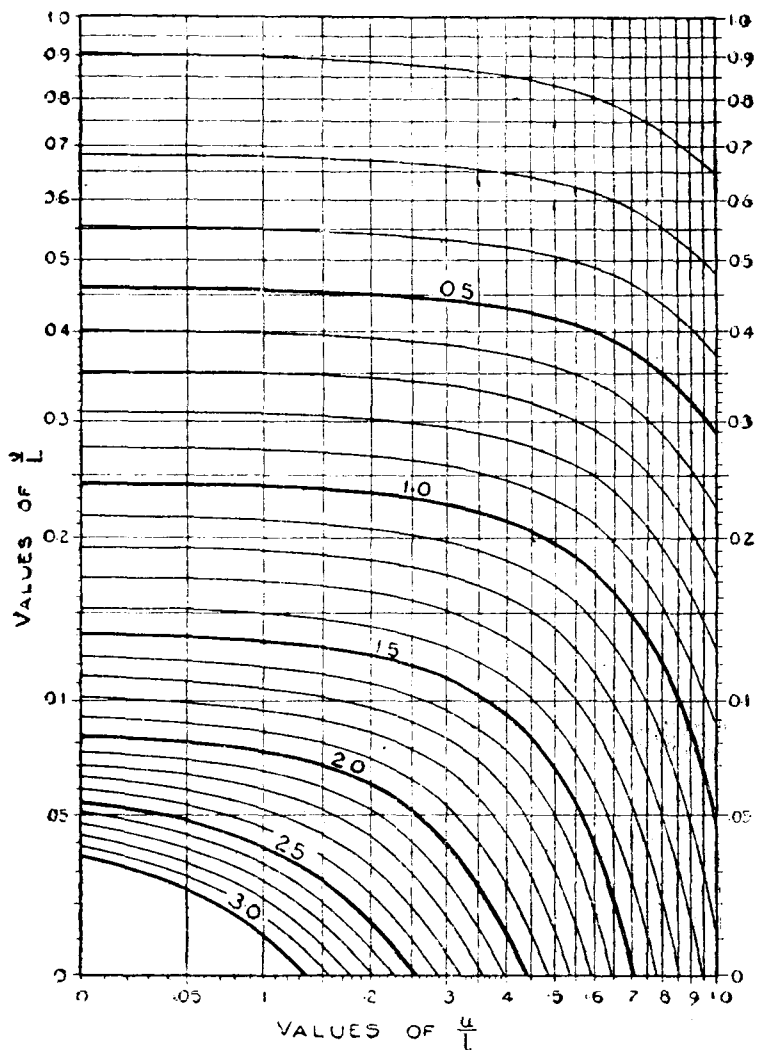
二五七



圖三十九第

$$L/l = 2$$

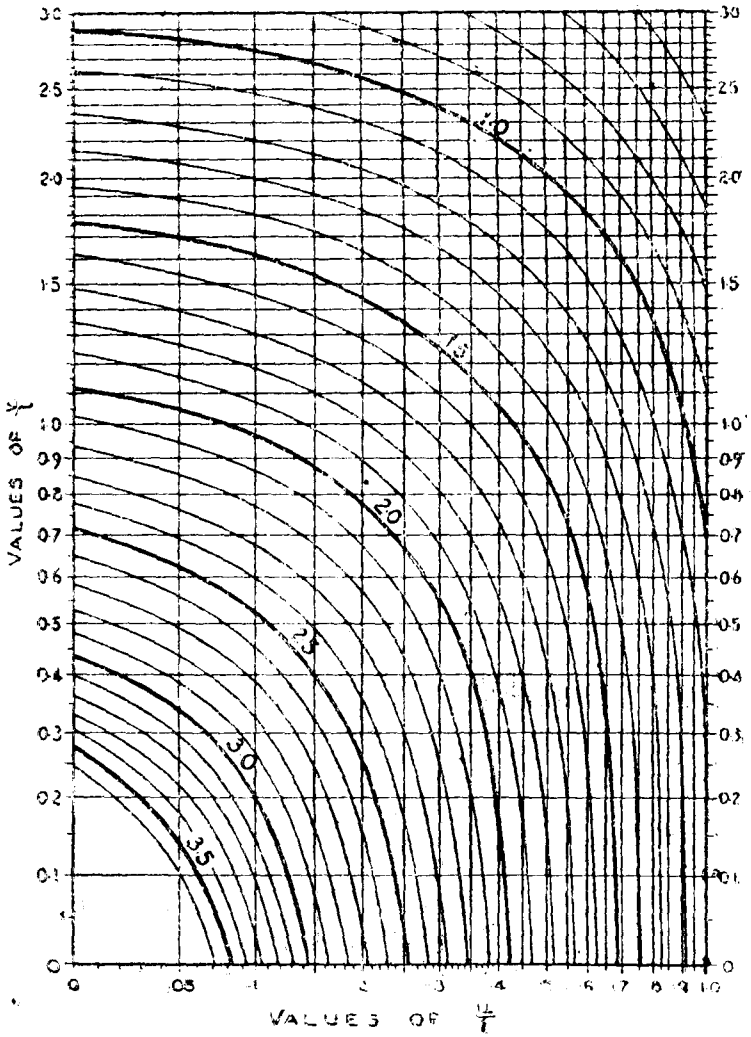
m_2



圖四十九第

$$L/l = \infty$$

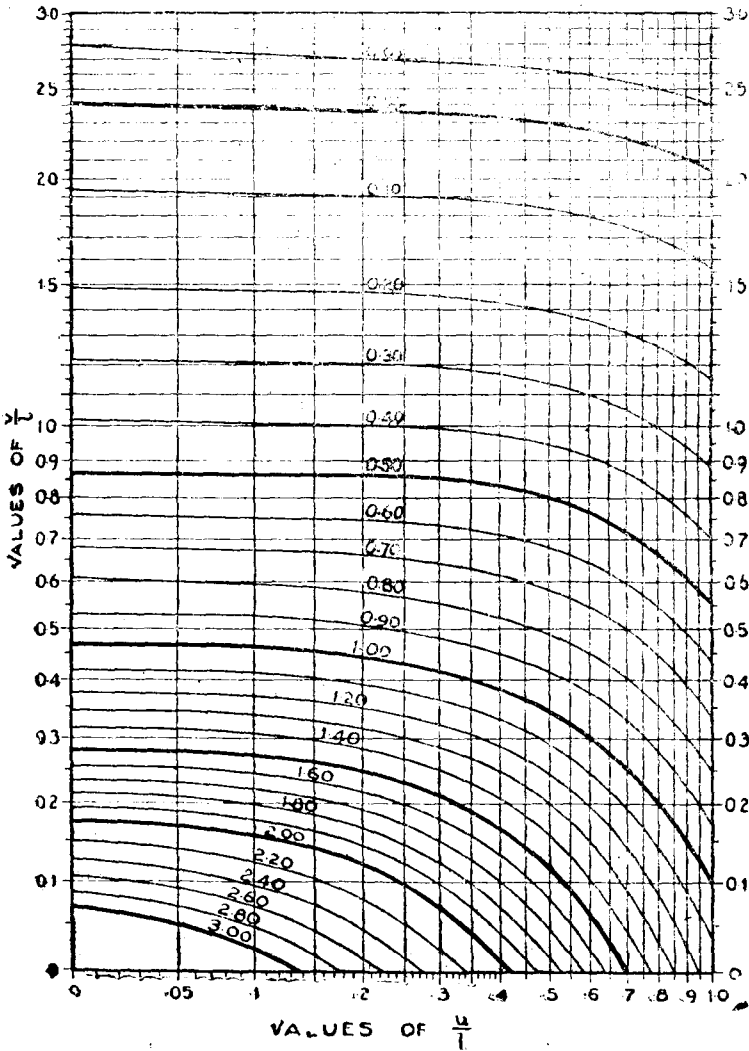
m_1



圖五十九第

$$L/l = 1$$

m_2



$$M = \sqrt{(a + 2d)^2 + H^2} \quad \text{及} \quad V = \sqrt{(b + 2d)^2 + H^2} \dots\dots\dots (80)$$

M 與 V 既已求出，則 L 及 L' 兩比數，亦可求出，但曲線圖第 94—95 兩圖，應改用 L 及 L' 兩比數。按 L 比數之曲線圖，查 L 與 L' 兩並行綫之相交點，即為 B_1 或 B_2 之函數。若 a, b, M, V, l, L ，各值以英寸計， W 以磅計，則

$$\text{橫向之力率 } M_L = m_1 W \dots\dots\dots (81)$$

$$\text{縱向之力率 } M_L = m_2 W \dots\dots\dots (81)$$

上式中之 M_L 及 M_L' 之單位為平坂每英尺寬之英寸—磅 (in-lb) 數。

若 a, b, M, V, l, L 各值以公分計， W 以公斤計，及 M_L, M_L' 為平坂每公尺寬之公尺—公斤數，則

$$\begin{aligned} M_L &= 0.0832 m_1 W \\ M_L &= 0.0832 m_2 W \end{aligned} \dots\dots\dots (82)$$

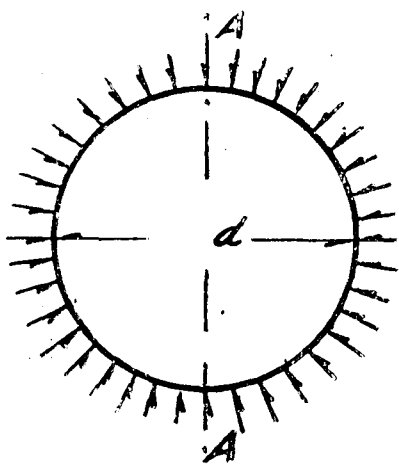
均佈重之 m_1 ，及 m_2 兩函數，亦可於該曲綫圖中求得之，即 $\frac{m_1}{m_2}$ 及 $\frac{m_2}{m_1}$ 之比數，爲 $\frac{1}{2}$ 之相交值，而 $\frac{1}{2}$ 爲該部平坂上之總均佈重是也，但用片氏之含數，所得之均佈重力率，較小於用算式(79)求出者。

算式(81)及(82)求出之力率，係指平坂之四週均爲動支，若平坂爲定支或聯樑式者，可酌量減小。

(二)圓涵洞 (Circular Culvert)。圓涵洞管如第九十六圖，周圍之壓力若爲相等之均佈重，則該管各點受相等之擠應力，設管壁之厚爲 S_b ，而均佈重爲 W ，則斷面 A—A 上之擠應力，每公分寬爲

$$e = \frac{W \cdot d}{2 S_b} \dots\dots\dots (83)$$

若管中之水壓力爲 p ，則管壁之爲擠應力或引應力，視 $W > p$ 或 $p > W$ 而定，如 p 之值大於 W ，

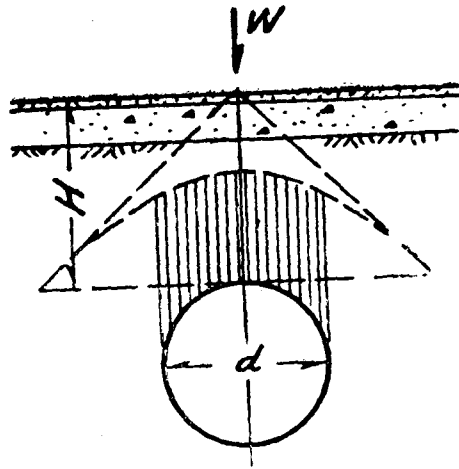


圖六十九第

則為引力，算式為

$$t = \frac{(p - \mu)d}{2 Sb} \dots\dots\dots (84)$$

圖七十九第



道路上所築之涵洞，大抵H之值極大，故車輪集中重之分佈極速，而影響於涵洞管者至微，設如a

與b之貼合距以一點計，則H深度之分散重為 $\frac{W}{H^2}$

，若W = 5噸，而H = 3公尺，則其分佈後之勻佈重為

$$\frac{5}{3^2} = \frac{5}{9} = 555 \text{ 公斤/平方公尺。}$$

又因涵洞頂上之靜重，與H之深度，在某限度以外，不因H愈深而壓力愈大，按通常之規定為

六倍d之值，超過此數時，無論靜重或動重均可作為不與涵洞管發生關係，此即所謂

拱形作用 (Arch Action)。故設計涵洞時之壓力，雖非絕對之勻佈重，然所差極微，如

第九十七圖所示之影線部份。

涵洞管受頂面之壓力，其底部即有相當反壓力，同時圓管因壓力，而發生之變形，致高度降而向兩側膨脹，則兩側之泥土壓力，亦同時發生作用，使該管成第 96 圖之情形。但在新填之泥土，兩側不能發生壓力時，為圓管設計之最惡劣情形，故普通設計，以涵洞中空而兩側無壓力作設計標準如第九十八圖。以 A, B, C, D 四點之力率為最大，算式如下

$$M_A = M_B = \frac{1}{16} p d^2 \dots\dots\dots (85)$$

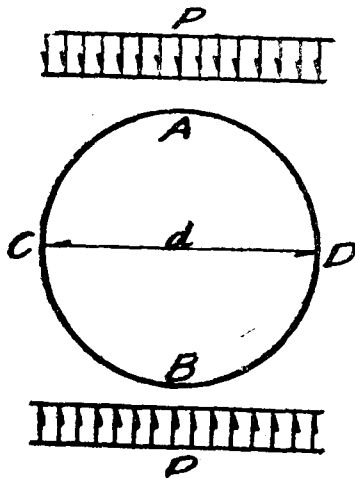
$$M_C = M_D = -\frac{1}{16} p d^2 \dots\dots\dots (86)$$

若圓管之頂底兩部，均為一集中重，如第九十九圖，則其算式為：——

$$M_A = M_B = + 0.159 W d \dots\dots\dots (87)$$

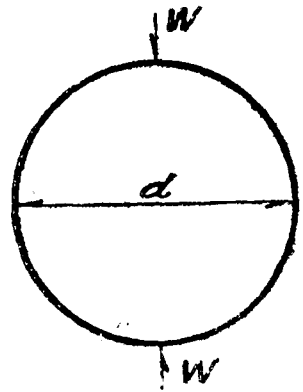
$$M_C = M_D = - 0.09 W d \dots\dots\dots (88)$$

至於因圓管之自身重量而某點上發生之力率，壓力，及剪力；該點之位置，以 ϕ 角



圖八十九第

第九十九圖



表示之。如第一百圖，其算式如下：——

$$M = (1 - \frac{1}{2} \cos \phi - \phi \sin \phi) W r^2 \dots \dots \dots (89)$$

$$T = (-\frac{1}{2} \cos \phi + \phi \sin \phi) W r \dots \dots \dots (90)$$

算式(89)括弧中之數，按 ϕ 之值自0— π 繪成曲

線如該圖之左，其正負

力率之最大值為 $+1.5 W r^2$ 及 $-0.64 W r^2$ 。最大負力

率之位置為 $\phi = 0.583 \pi$ ，如該圖虛線所示。

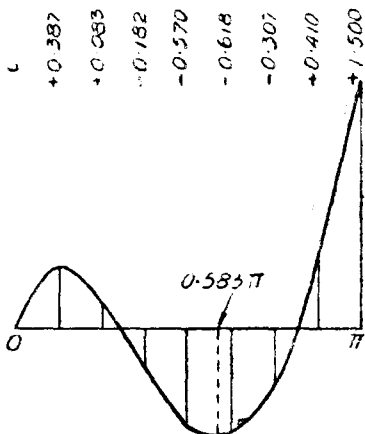
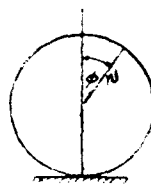
若勻佈重 γ 如第一零一圖之右，則任何點之力率含數如

圖左之曲線，而某點之力率，等於 γr^2 乘曲線圖上之縱

投影線，如 $\phi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$ ，則 $M = -0.307 \gamma r^2$ 。

其最大正力率在管底之支點上 $= 0.588 \gamma r^2$ 。

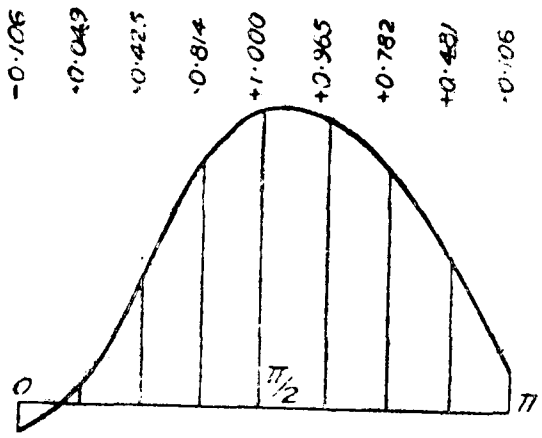
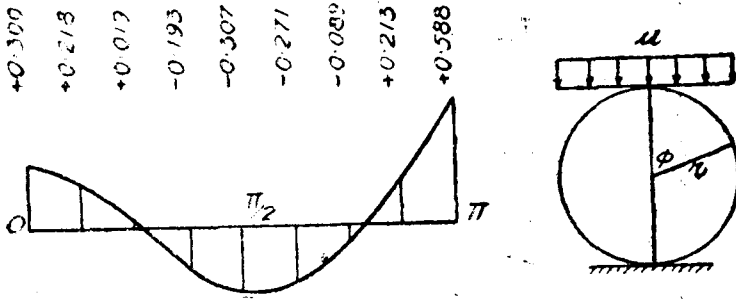
圓管壁任何點之壓力含數如第一百零二圖，其總壓



第一百圖

力為 γ 乘曲線之縱投影線。

圖二零百一第



圖二零百一第

第十二章 木橋之設計

第一節 橋之種類

橋之種類，依其使用之別，而區分爲公路橋 (Highway Bridge) 及鐵路橋 (Railway Bridge)。依其路面之位置，而區分爲面路橋 (Deck Bridge) 及底路橋 (Through Bridge)。又可依其構造之方式而區分爲板梁橋 (Beam Bridge, 或 Girder Bridge) 鉚釘橋 (Riveted Bridge) 栓釘橋 (Pin-Connected bridge)。又可依其所用之材料而區分之爲石橋 (Stone Bridge) 木橋 (Wooden bridge)，鋼橋 (Steel Bridge)，鋼筋混凝土橋 (Reinforced bridge)。又可依其式樣而區分爲簡單板梁橋 (Simple beam bridge)，架梁橋 (Truss bridge)，聯梁橋 (Continuous beam bridge)，拱橋 (Arch bridge)，臂橋 (Cantilever bridge)，吊橋 (Suspension bridge)，活動橋 (Movable bridge)。

公路橋之作用，爲承載行人、牲畜，及普通載客載貨之車輛，其最大之動重，當推

行駛其上之最重車輛。卽築路用之路輾是也。故設計橋梁時，應以目前或將來該橋上能駛行若干噸重量之路輾作標準。

公路上所築之橋梁，幾各式全備，無不可用，但就吾國現時之公路橋言，大多爲簡單式之板梁木橋，板梁鋼筋混凝土橋，及聯梁鋼筋混凝土橋之三類。

第一節 公路橋之荷重

公路橋之荷重，分靜重動重及衝擊(Impact)力三類：

〔甲〕靜重 凡橋面上之鋪砌層，橋板，橋梁橋欄杆，橋墩，及附掛於橋面下之水管氣管等之一切建築物，足以影響橋板，橋梁等之彎曲力率者，應一一計入。

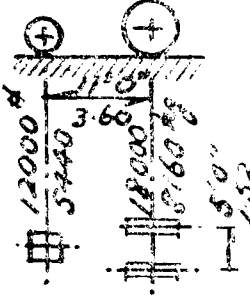
〔乙〕動重 凡經行橋上之車輛行人牛馬，及風力雪重等或位置之變化無定者，爲橋梁所受之動重。

行人之重量，在密集情形之下，約自 300—500 kg/m²，但因行人密集，則走動

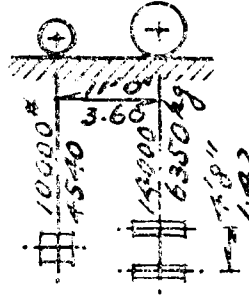
時所發生之震動力，幾等於零。行人之震動力，以短窄之橋及不十分密集情形言，約為

圖三百一第

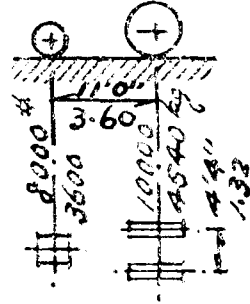
十五噸路軌



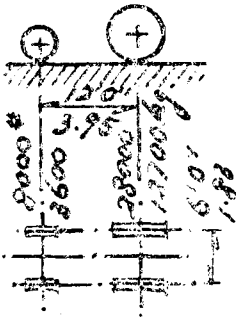
十二噸路軌



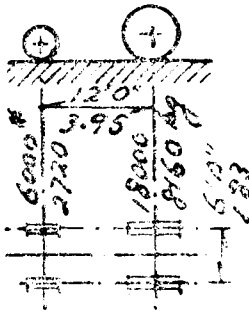
九噸路軌



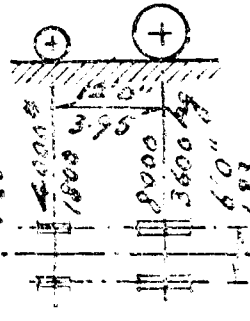
十八噸運貨車



十二噸運貨車



六噸運貨車



動重之 60%，行人愈密則速度愈減，而震動力亦愈弱。再如橋梁之短者，滿載機會易，而橋梁愈長，則滿載之機會亦愈少。以牲畜而論，雖其體重較大，及震動力較強，但密集程度，則不如行人之甚，故實際上之動重，較小於行人。行人震動力之最大者，莫如軍隊依照步伐過橋之時，故陸軍習慣，每有於過橋時，故亂其步伐者。

公路橋除極短者外，多用鋪砌面以行車輛，故最大之動重，以經行最重之車輛為準，築路用之路碾，雖其重量最大，但行駛遲緩，衝擊力遠不若汽車之大，第一百零三圖，為各種路碾及運貨汽車之軸距及軸重之大概。車重以短噸計，軸重為磅數及公斤數。風力在板梁式木橋上，無若何影響，可略而不計。

〔丙〕衝擊力。衝擊力之大小，就歷來經驗所得，視橋樑之長短而異。短橋所感受之衝擊力較長橋為大，而車輛在初行駛橋梁上時，其衝擊力又較車輛全部已抵橋上時為大，又如車輛之速度愈大則衝擊力亦愈增。再以橋樑之材料而論，鋼筋混凝土橋，若車行速度在每小時15—20英里者，可以不計，而木橋之衝擊力，可自百分之五十至一百之大。衝擊力之普通算式為

$$\left. \begin{aligned} \text{單車路線} ; I &= \frac{36.6}{L+27.4} \\ \text{雙車路線} ; I &= \frac{36.6}{1.5L+27.4} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (91)$$

式中「 I 」為衝擊力之應力含數「 L 」為某樑上最大動重應力之動重重距，以公尺計。

第二節 橋板及橋樑等之佈置

板樑橋之橋板，必須與車行方向成正角，即橫鋪於縱樑上。橋板之長，在六公尺寬以下之橋，須與橋寬相等，若橋寬在六公尺以上者，如不能用全長時，其接合縫應次第交替，不宜接於一直綫上。其厚度視車輪之重量而增減，平常爲 $12\frac{1}{2}$ 公分，寬度爲 $21\frac{1}{2}$ 公分。車輪載重不大者，普通無鋪砌層之設備，板與板之間，留橫向板縫約 $1\frac{1}{2}$ 公分，以利漏水及漏塵等用。但橋板上如加用鋪砌層，如瀝青混凝土之類，既可分散橋板上之集中重，且避免橋板與車輪之直接磨擦，故橋板之經用時期，可以相當延長。

設計橋板時，車輪之集中重分散作用，頗無標準之建築章程。茲按美國奧州（Oregon state）公路委員會之規定如下表：——

每一車輪之集中重，應作分散成一A B兩邊長之矩形面積，其A邊之方向與車行路

綫成並行，而B邊之方向與車行路線成正角。

木板厚 (以公分計)	A (以公尺計)	B (以公尺計)
5-10	0.30	0.80
13-15	0.30	1.30

橋樑之爲單孔者，則其縱樑之兩端，直接攔於混凝土或木蓋樑之座橋上。縱樑之樑距，平常爲0.5—1.00公尺，因樑距大，則橋板之厚度增，設計上自應以用材之經濟爲原則。

設計縱樑時，對於車輪集中重之分佈作用，因縱方向之分佈距離，僅爲0.30公尺，與無分散之集中重，無多大影響，但橫向之分散力，與每一縱樑上應受之力，不無關係，例如第一百零四圖之(1)(2)(3)三圖。則每一縱樑上應計之力，如以下三項：——

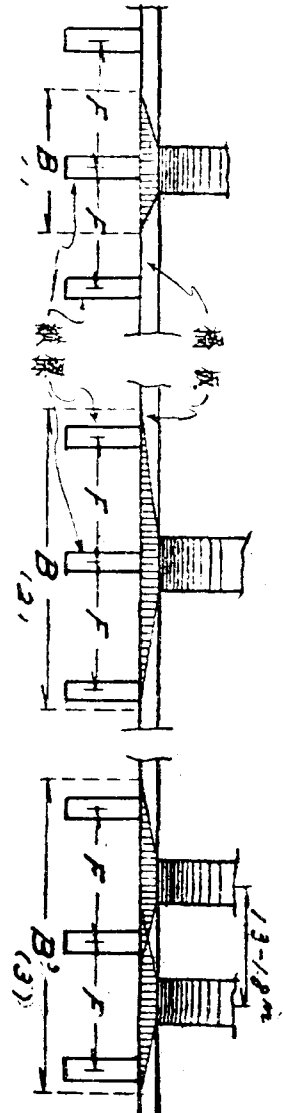
(1) 若B之

值不及F之兩倍

如圖之(1)，則

每一縱樑上之受

力如下式：



第一百零四圖

$$P = \frac{F - B/4}{F} \dots\dots\dots (92)$$

(2) 若B之值大於F之兩倍(如(2))，則每一縱樑所受之力如下式：——

$$P = \frac{F}{B} \dots\dots\dots (93)$$

(3) 若雙車路線，則往來兩重車輪，可成適在一斷面上如圖(3)則每一縱樑所受之

力如下式：——

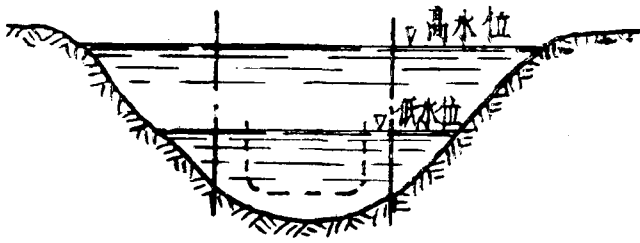
$$P = \frac{F}{B} \dots\dots\dots (94)$$

木橋樑之支距，約以 $\infty - \infty$ 公尺為限，河流寬度在三公尺以下者，可用涵洞以代橋

樑。就習慣而論，橋孔以單數爲宜，如一，三，五孔等，雙孔或四孔之橋，殊不多見，

此中亦有相當理由，如某河流之斷面如第一百零五圖，如分爲三孔，一方面橋墩處較高位置，另一方面通行之船隻，當低水位期，吃水較大之船隻，仍可通行。故 10—15 公尺寬之水路，如不宜建三孔者，惟有仍用單孔而以鋼工字樑（I beams）代木樑。橋孔之寬度，應事先查明該河內現在或將來應通行最寬之船隻作標準。萬不應但顧建橋之經濟，而忽視通航之機能。以普通之載量而言，其船隻之最大寬度，約自五公尺至八公尺。故河面寬度在十公尺以上者，以用三孔橋爲經濟。三孔橋之孔寬，以中孔較大，而兩旁較小者，一則外觀較等寬三孔者爲佳，而同時中孔之寬，可不礙較大船隻之通行。凡 10—15 公尺寬之河道，尤爲重要。

圖五零百一第



橋面之寬度，視交通之頻繁與否而決定，通行車輛較少者，其最小淨寬應爲 4—6

公尺，其中三公尺作單車路線，而一公尺作單邊人行道之用，或一公尺作兩邊之人行道。

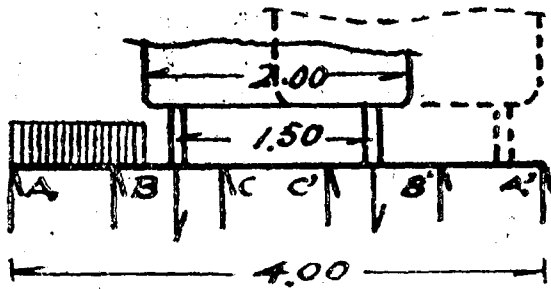
欄杆及欄杆柱等，爲橋樑建築上不可或缺之一，在一方面足以增進美觀，而另一方面，可防行人之發生危險。

設計圖樣，分爲總圖 (General Drawing) 及詳圖 (Detail Drawing) 兩種。總圖中又分平面圖，縱橫斷面圖，及側面圖等，其目的在使建築工人，能明瞭全部工程之佈置及所用之材料等。總圖之比例尺，最小以百分之一爲限。詳圖示某一部之詳細結構，其比例尺以二十分之一至五分之一或甚至與真物體等大之尺寸，以表示各種精細之圖形。

木樑橋設計標準見標準圖 1-3，標準材料表見第 1-4 表，鋼工字樑橋設計標準圖，見標準圖 4-5，標準材料表，見第 5-6 表。

第四節 橋板設計

第一零六圖



設公路橋之淨寬為四公尺，橋之一邊計寬一公尺作人行道之用，其動重及震動力，以 500 kg/m^2 計算。通行車輛之最大重量為十公噸，後輪重四公噸，前輪重一公噸，兩輪之左右距為 1.50 公尺，前後距為 3.00 公尺，車輛之寬為 2.00 公尺，橋板用 25 公分寬之松板，其設計應力：撓曲應力為 70 kg/cm^2 ，順木紋剪力為 7 kg/cm^2 ，正交木紋之擠力為 40 kg/cm^2 ，正交木紋之剪力為 14 kg/cm^2 ，車輛之衝擊力，以最大百分之二十五計算，求橋板之應需厚度？

由上題設橋之左邊一公尺寬，留作人行道之用，則車輛之兩極限位置如第一零六圖所示，一為實線一為虛線，而以實線所示之位置，其 B 支點之力率為最大。

設縱樑之支距在七公尺以上者，縱樑之寬先假定為 20 公分，若用六支縱樑，則縱

樑之距為 $\frac{400-20}{5} = 76$ 公分。

$$a_1 = \frac{26}{76} = 0.343; \quad C_{16} = -0.041;$$

$$a_2 = \frac{18}{76} = 0.185; \quad C_{14} = -0.013; \quad C_{15} = -0.005;$$

$$a_3 = \frac{28}{76} = 0.369; \quad C_{18} = -0.0505;$$

以上 $C_{14} - C_{18}$ 各值，見「聯」第 53 頁

橋板之靜重（假定厚度 13 公分） $= 0.13 \times 0.25 \times 650 = 21 \text{ kg/m}$

集中輪重分散後之相當勻佈重 $= \frac{4000 \times 1.25}{0.25 \times 1.3} = 15400 \text{ ”}$ （加衝擊力在內）

人行道上之勻佈重（寬 25 公分） $= 500 \times 0.25 = 125 \text{ ”}$

單樑定支點動重力率（見「聯」第 48—52 頁）

$$M_{B1} = -\frac{1}{8} w_1 \ell^2 + C_{16} w_2 \ell^2 = -\left(\frac{1}{8} \times 1.25 + 0.041 \times 15400\right) \frac{0.76^2}{2} = -374 \text{ m}^2 \text{ kg}$$

$$M_{B2} = -\frac{1}{12} w_2 \ell^2 + C_{14} w_3 \ell^2 = -\left(\frac{1}{12} \times 15400 + 0.013 \times 1.25\right) \frac{0.76^2}{2} = -740 \text{ ”}$$

$$M_{C2} = -\frac{1}{12} w_2 \ell^2 + C_{15} w_3 \ell^2 = -\left(\frac{1}{12} \times 15400 + 0.005 \times 1.25\right) \frac{0.76^2}{2} = -725 \text{ ”}$$

$$M_{C3} = M_{C2} = C_{18} w_3 \ell^2 = -0.0505 \times 15400 \times \frac{0.76^2}{2} = -450 \text{ ”}$$

$$M_{C4} = M_{B2} = -\frac{1}{12} w_2 \ell^2 = -\frac{1}{12} \times 15400 \times \frac{0.76^2}{2} = -745 \text{ ”}$$

$$M_{B4} = C_{16} w_2 \ell^2 = -0.041 \times 15400 \times \frac{0.76^2}{2} = -365 \text{ ”}$$

按「聯」第119頁各算式，

$$d_B = -374 + 740 = +366; \quad d_C = -725 + 450 = -275;$$

$$d_C' = -450 + 745 = +295; \quad d_B' = -745 + 365 = -380;$$

$$M_B = M_B' - \frac{13}{28} d_B + \frac{1}{8} d_C - \frac{15}{448} d_C' + \frac{15}{1568} d_B'$$

$$= -374 - \frac{13}{28} 366 - \frac{1}{8} 275 - \frac{15}{448} 295 - \frac{15}{1568} 380 = -592 \text{ m.kg}$$

B支點之靜重力率 見「聯」第212頁第四表：——

$$M_B = -0.1197 \times 21 \times 0.76^2 = -1.45 \text{ m.kg}$$

$$= -(592 + 1.45) = -593.45 \text{ cm.kg}$$

按算式(56)， $\alpha = \sqrt{\frac{6B}{bc}} = \sqrt{\frac{6 \times 59345}{25 \times 70}} = 14.3 \text{ cm} \text{ (約) } 15 \text{ cm}$

橋板上之最大剪力，約為 $\frac{15400 \times 0.28}{25 \times 15} = 11.5 \text{ kg/cm}^2$

第五節 縱樑設計

設上題之橋孔淨寬為 7.00 公尺，求縱樑之高？

假定縱樑之有效支距 $= 7.00 + 0.25 = 7.25$ 公尺

按算式 (90)

$$P = \frac{F - \frac{B}{4}}{L} = \frac{10 - \frac{3.25}{4}}{8.0} = \frac{0.594}{1}$$

故後輪之重 (加衝擊力 25%)

$$= 4 \times 0.594 \times 1.25 = \underline{2.98 \text{ 噸}} \text{ (計 3 噸)}$$

前輪之重 (加衝擊力)

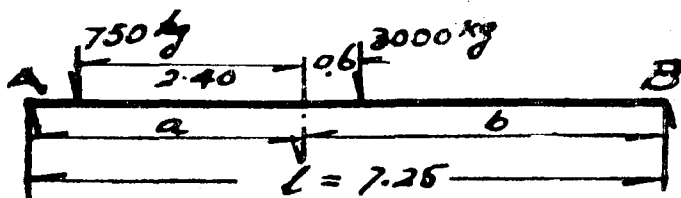
$$= 1 \times 0.594 \times 1.25 = \underline{0.745 \text{ 噸}} \text{ (計 } \frac{3}{4} \text{ 噸)}$$

援第十一章第三節(丙)之 $C_{6.1}$ 曲線， $(f = \frac{3}{7.25} = 0.414)$ ，可

知最大力率之兩輪合力位置，約在 $a = 0.55$ 處，即 $a = 7.25 \times 0.55 =$

4.00 公尺，而 $b = 7.25 - 4.00 = 3.25$ 公尺。

第一零八圖



$$\text{求合力離後輪之距} = \frac{0.75 \times 3}{2.75} = 0.60 \text{ m}$$

$$m_2 = \frac{1}{g} (5.8 - 1) W L = \frac{0.55}{g} (2.25 - 0.414) 3000 \times 7.25 = 5450 \text{ m-kg}$$

靜重力率

$$\text{橋板重} = 2.1 \times 4 \times 0.16 = 6.4 \text{ kg/m}$$

$$\text{縱樑重} = 0.2 \times 0.4 \times 650 = 52$$

$$\text{總靜重} = 116$$

$$m_1 d = \frac{1}{g} 4 \times 3.25 \times 1.16 = 75 \text{ m-kg}$$

$$\text{總力率} = 5450 + 75 = 5525 \text{ m-kg}$$

$$d = \sqrt{\frac{6 m_2}{b c}} = \sqrt{\frac{6 \times 552500}{20 \times 70}} = 48.5 \text{ cm (取 } 50 \text{ cm)}$$

求橋座上之最大反力，可假定後輪離 A 點之距為 0.15，則其合力中心離 A 點為 0.75

$$\alpha = \frac{0.75}{7.25} = 0.103, \beta = 0.89, \text{ 故 } R_A \beta = W_t = 0.897 \times 3750 = 3350 \text{ kg}$$

再加靜重 116 ×

$$3.5 = 407 \text{ kg, 共計} = 3350 + 407 = 3757 \text{ kg}$$

若木樑之承托應力為 14 kg/cm^2 ，則支點上之面積應為

$$A = \frac{3760}{14} = 269 \text{ cm}^2, \quad \text{因樑寬為 } 20 \text{ 公分，則其長}$$

$$l = \frac{269}{20} = 13\frac{1}{2} \text{ cm} \quad (\text{用 } 20 \text{ 或 } 25 \text{ 爲妥})$$

$$\text{最大剪力} = \frac{3760}{20 \times 50} = 3.76 \text{ kg/cm}^2$$

若上題之木樑，須改用鋼工字樑時，因國內之鋼鐵材料，多用英制，則求工字樑之應需尺寸，可先將力率之單位，改成英尺磅如下

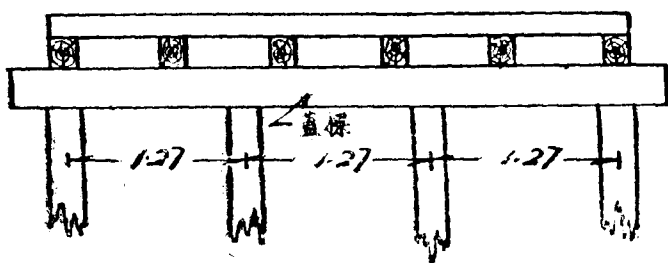
$$m_2 = 5525 \text{ m-kg} = 5525 \times 7.233 = 39,960 \text{ 磅} \quad 479,500 \text{ 磅}$$

若鋼樑之應力用 $18,000 \text{ 磅/吋}^2$ ，則應需之斷面率，爲

$$S = \frac{479,500}{18,000} = 26.64 \text{ in}^2$$

查鋼樑斷面之力學性表（見附錄內），可知 10 英寸高每英尺重 30 磅之工樑，其斷面率 S 爲 26.8 in^2 (> 26.64)。故已足用。

圖九零百一第



第六節 橋墩設計

若上題爲一三孔橋，其平均孔寬 1.27 公尺，則中間一橋孔之縱樑兩端均擱於橋墩上，若每一橋孔，假設有一輛十公噸重之車，同時進行，則每一橋墩，即荷十公噸之車輛動重，再加行人之動重及橋板橋梁之靜重等，其計算如下：——

$$\text{車輛重及 } 25\% \text{ 之衝擊力} = 12.5 \text{ 公噸}$$

$$\text{行人及震動力} = 500 \times 3.63 = 1.815 \text{ 公噸}$$

$$\text{橋面板 } 0.021 \times 4 \times 4 \times 7.25 = 2.440 \text{ 公噸}$$

$$\text{縱樑 } 0.352 \times 6 \times 7.25 = 2.260 \text{ 公噸}$$

$$\text{共 計} = \underline{\underline{19.015 \text{ 公噸}}}$$

假定蓋樑用 25×25 公分方斷面，則蓋樑之重 $= 0.25^2 \times 4.50 \times 0.65$

＝0.20公噸。

蓋樑上之荷重，因縱樑之距離較小，為簡單計，可作勻佈重計算之如下：

$$\text{平均勻佈重} = \frac{19015 + 200}{4.00} = 4,300 \text{ kg/m}$$

按「聯」第211頁第二表可得該樑中間兩木樁之支點力率如下：

$$M_B = M_B' = -0.100 \times 4300 \times 1.27^2 = -690 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$d = \sqrt{\frac{6M_B}{bf}} = \sqrt{\frac{6 \times 69000}{25 \times 70}} = 13.0 \text{ cm}$$

實際上該樑之荷重，不能確符於勻佈律，則 M_B 之值，即不止此數，為安全計，用假定之尺寸 25×25 公分，極屬相宜。

蓋樑上之總重量，假設由四支 25×25 方木樁平均承載，則每支木樁之載重為 $4,300 \text{ kg}$ 再酌加木樁之本身重，以 5000 kg 計算，木樁入土之深，可計算如下：

假定土質為軟性粘土，其磨擦阻力含數為 1000 kg/m^2

則每樁應有磨擦面 = $\frac{5000}{1000} = 5.00 \text{ m}^2$

25 公分方木樁之周長 = 1m,

故入土之深應為 $\frac{5.00}{1} = 5.00 \text{ m}$

若木樁之蓋樑下至土面上之一節，高差太大時，與鋼筋混凝土之修樁同一作用，應酌減其安全載重或減小其設計應力。例如本題之墩樁，此間之一節，計長 5.00 公尺，其設計擠應力 = 70kg/cm²。

木樁之安全載重算式為：

$$L = c \cdot A \left(1 - \frac{L}{60d} \right) \dots\dots\dots (95)$$

式中 L = 安全載重； c = 設計擠應力， A = 斷面積，

L = 無支撐之樁高， d = 方樁之短邊，

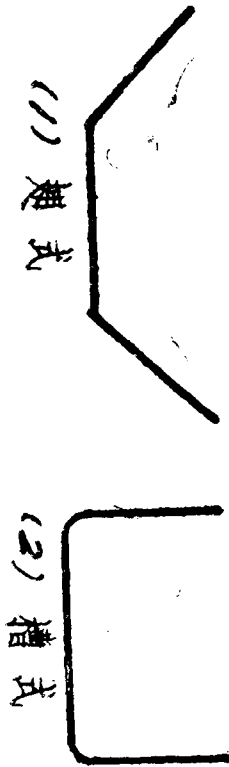
故上題之方樁安全載重 = $70 \times 25^2 \left(1 - \frac{500}{60 \times 25} \right) = 29,200 \text{ kg}$

上數之安全載重大於該樁所荷之重，雖無須另用剪刀撐等設備，但以事實而論，車

輛之前後衝擊，及風力或河流中船隻之碰撞等等，均足令木樁受左右搖擺之勢，故高差如本題之 5.00 公尺者，其頂上之 3.00 公尺應加剪刀撐及夾板之設備為妥，如標準圖第二張。

第七節 翼牆設計

翼牆 (Abutment)。翼牆之作用，一方面為擋支縱樑之垂直力，而另一方面，又抵禦翼牆前後之水壓力及土壓力。橋座 (Bridge Seat) 實翼牆上擋支縱樑之部份。翼牆之式樣，最普通者如第一百十圖之兩種。

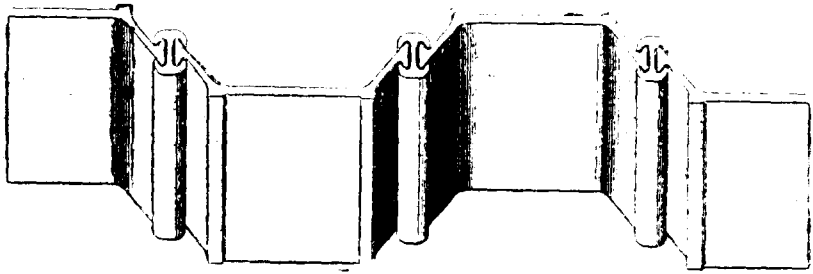


第一百十圖

以水流之關係而論，翅式實較溝式為佳，翼牆所用之材料，最經濟，但最不耐久及穩固者，當為木樁及護板等之結合。翼牆與河底之高差不大者，

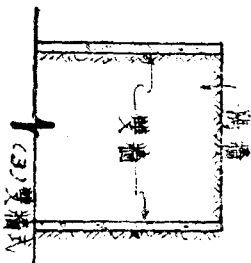
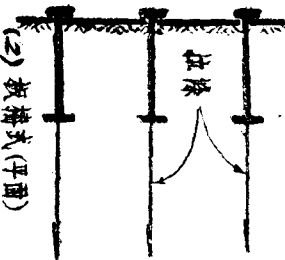
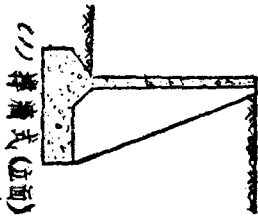
圖一十百一第

用石砌或混凝土築成者，如第七十三圖，工事較簡，設計得宜，亦不致違反經濟原則。



橋樑道路工程學

亦有用鋼板樁作材料者，如第一百十一圖，為鋼板樁之一種，視出品之國別而各有特殊之斷面形式。用此種材料之翼牆，其作用與木樁夾板之木料者，大致相同，其水平方向之土壓力，亦須用拉條抵抗之。以經濟而論，較石料，或混凝土者為省，但所有該項出品，全屬外貨，即訂購運輸等手續及時間，殊多不便，且屬半永久性質，若鋼面保護不當，數十年中，即可廢



第一百十二圖

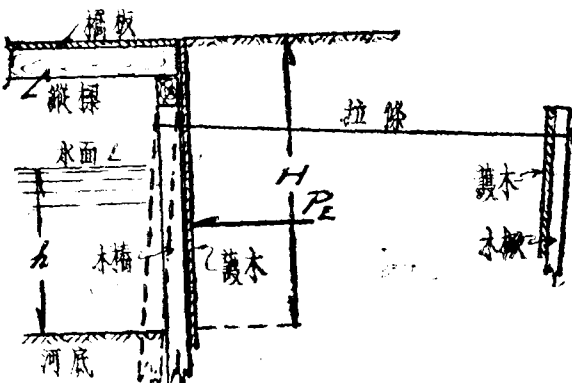
爛成廢物。此外尚有鋼筋混凝土之各種檔牆式樣，如第一百十二圖，(1)為撐牆式。
 (2)為板樁式，及(3)為雙牆式等。撐牆式為普遍所通用，但工費極鉅，(2)(3)兩式，費省而作用相同，殊有採用之價值，而尤以我國無鋼板樁出品者，尤為適宜。

〔甲〕木翼牆。翼牆之寬以木樁之距離計算，則土壓力土抗力(Passive earth Pressure)等，均為一支樁上所載之力。翼牆在最底水位或河水乾枯時，其向外傾倒之趨勢最大，故於設計時，水壓力常略而不計。同時車輛之動重，足以增加相當之土壓力，故必須加入，其計算法，可將每平方公尺之動重及衝擊力，相當於牆後泥土之高度，例如前題之動重為

$$\frac{19015}{4 \times 3.625} = 1312 \text{ kg/m}^2$$

若泥土之重為 1.700 kg/m^3 ，則相當於泥土之高度

$$\frac{1312}{1700} = 0.77 \text{ 公尺。}$$



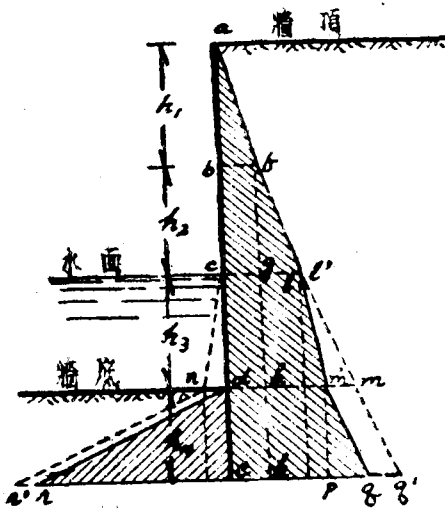
圖三十百一第

時，則其壓力圖為三角形 $a c f$ ，水深為 h_1 時，則其壓力圖為三角形 $d e f$ ，故如擋牆之左邊水深為 h 而右邊之水深為 h_1 時，則該牆上所受之壓力為 $a b c e d$ 一四邊形之壓力圖。同理 $a' b' c'$ 之一層水壓力，影響於 b 點以下之壓力，為壓力圖 $b e$ 一矩形，因 b 點下之總壓力圖為 $b c f d$ 四邊形，而 $a' b'$ 水深之壓力圖為一三角形 $d e f$ 也。此一現象，為計算翼牆土壓力時，因每層泥土之含水與否，而區分各部壓力之最要原理。

茲試將各層之土壓力，用第一百十五圖而申

說之， $a e$ 擋牆內之泥土，可為分(1) $a b$ 層為全乾土，按普通乾體算式算之，(2) $b c$ 層之 b 平面為全乾土而 C 平面為飽和土，故 $b c$ 層之壓力增進值，若用乾土算式求之為 q_2 ，而用飽和土算式求之為 q_1 ，是 q_1 實應為一曲線而非直線。同

理 $f g$ 亦應為曲線。(3) $C d$ 層在普通之擋牆，不阻止水之流向，故 C 平面以下之泥土



圖五十五百一第

，與全浸沒水中者無別，故可用算式(48)以推算牆內之壓力增進值(h_m)，但同時牆外面之水壓力 p_a ，足以對消去 $m m'$ 一段，如用算式計算之，則 $h_m' = h_m - m m'$ 。

$$\text{因 } h_m = 1000Ch_s, \text{ 而 } m m' = 1000h_s$$

$$\text{故 } h_m' = 1000(C-1)h_s \dots\dots\dots (96)$$

(4) $d e$ 層之牆內土壓力，若上下層之密度相同者， B_0 為直線，且與 Z_B 成並行，其所增之壓力 p_q ，因牆內外均處水面下，亦應用算式(36)之理以求之；即 $p_q' = 1000(C-1)h_s$ ，同理牆外之土抗力 e_r 亦應用 $C-1$ 代 C (土抗力算式見後)，再 $d n$ 之水壓力，已與 $m m'$ 抵消，故 $d r$ 一線，應由 d 點繪出，否則兩方面之總壓力圖，如 $a e' q' m' f' f'$ 及 $c n' r' e$ 亦可。

就上述而論，則土壓力之計算，繁無倫矣，且以算式(48)而論，壓力不僅與差高及含水量增減，與泥土之密度亦發生關係，因密度之關係，又引起自然坡角之關係，故以精密而論，凡 $a f, f' b, b' m', m' n' q'$ 及 $d r$ 等各線，實際上均不成直線之形式。再如牆內

外之水面，視環境而互有高下，故設計之當否，全恃此中之判斷之符合與否而轉移。在普通設計時， b 、 c 層之含水量遞變，可將牆內水面稍為提高而抵消之，故僅作三層之區分。

求各部之總壓力，只須將各該部之壓力面積乘擋牆之寬即得，某數部或全體壓力之合力着力點，可用 $MN=O$ 算式求之。

泥土之抗壓力 (Passive earth pressure)。參閱第一百十三圖，擋牆之能保持原位不動者，全恃泥土之抗壓力，其一為木樁之入土部份，若深度不足，則木樁將成虛線之位置而向外移動，其二為木樁與護木之面積不足，則拉條將向前推動，而擋牆亦前傾。泥土之抗壓力，與其深度成正比，故與液體之壓力相似。若 D_p 為液體算式之土抗壓力； ϕ 為泥土底部之自然坡度角； C 為該點之泥土比重

則

$$P = 1000 C \frac{D_p^2}{2} \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

(97)

若底部之泥土位於水面以下者，則上式中之 C 應用 $\frac{C}{2}$ 以代之，總抗力之算式為

$$P = \frac{1}{2} \rho \times^2 \dots \dots \dots (98)$$

上式中之 \times 代板樁入土之深

各種自然坡度之三角函數表

坡 表	坡角 (ϕ)	$\text{Tan}^2 (45^\circ - \frac{1}{2}\phi)$	$\text{Tan}^2 (45^\circ + \frac{1}{2}\phi)$
1:6	9°28'	0.6721	1.3938
1:5	11°19'	0.6096	1.4884
1:4	14°2'	0.5195	1.6402
1:3	18°26'	0.3820	1.9249
1:2	26°34'	0.2864	2.6182
1:1	33°41'	0.2500	3.4905
$\frac{1}{2}$:1	36°52'	0.1716	3.9996
1:1	45°0'	0.0917	5.8284
$1\frac{1}{2}$:1	56°19'	0.0557	10.9131
2:1	63°26'	0.0283	17.9420
3:1	71°34'	0.0152	37.9801
4:1	75°58'	0.0098	66.0124
5:1	78°41'		101.8686

按算式(49)，總壓力 $P = \frac{1}{2} w h^2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$ ，則其最大之壓力 $P_H = w \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) h$ ，以 $1000C$ 代 w ，則 $k_H = 1000 C \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) h$ 若以 C' 代 $C \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$ 則 $P_H = 1000 C' h$ ，是乾體算式與液體算式(48)同一形式，同理算式(97)中之 $C \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$ 以 C'' 代之，則 $P_D = 1000 C'' h$ ；是 C' 及 C'' 可稱之為相當於液體之土壓力及土抗力含數。

板樁入土之應需深度(x)，由此可按第一百十四圖之關係而求之；

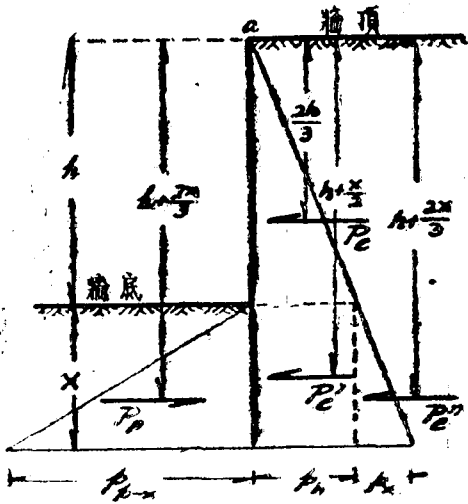
$$P_H = 1000 C' h, \quad h_x = 1000 C' x$$

$$P_{H \cdot x} = 1000 C' x^2$$

而其總壓力為；

$$P_e = 500 C' h^2, \quad P_e' = 1000 C' h x, \quad P_e'' = 500 C' x^2, \quad P_H = 500 C' x^2$$

圖六十一第



以牆頂之○點作力率之繞點，可得下列一算式；

$$P_1 \left(h + \frac{2x}{3} \right) = P_2 \left(\frac{2x}{3} \right) + P_2' \left(h + \frac{x}{3} \right) + P_2'' \left(h + \frac{2x}{3} \right)$$

(99)

由上式可求出x之值。

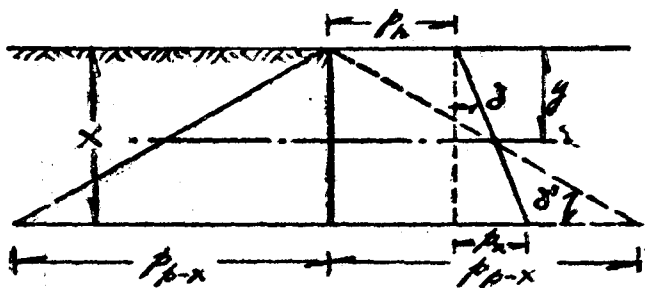
x之值既已求得，將牆底下之一節壓力圖，另繪成第一百十七圖，設y為牆底以下之一未知數，為牆板之動支點，則該點之位置，位於兩壓力斜線之相交點。

$$\text{因 } \tan \delta' = \frac{x}{h-x}, \quad \tan \delta = \frac{P_2}{x};$$

$$\text{則 } x-y = (h-x-h_x) \tan \delta' - y \tan \delta \tan \delta'$$

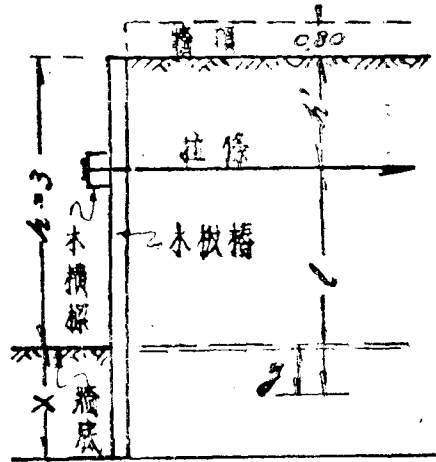
由上式可得；

$$y = \frac{P_2 x}{h-x-h_x} = \frac{c_1 h}{c_2 - c_1} \dots \dots \dots (100)$$



圖七十百一第

圖八十百一第



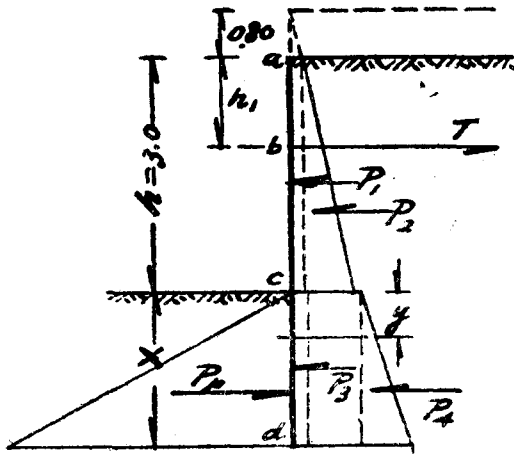
按第一百十三圖之佈置，不適用於擋土太高之擋牆，普通 H 為 $1-3$ 公尺，無需計算，可查標準表而酌用之，因其計算手續極繁；茲試舉一較簡之算法如下——

設如第一百十八圖之木板牆，其擋土之高為 3.00 公尺，動重之相當高度為 0.80 公尺，牆外之最低水位與牆底等高，乾土之比重為 1.7 ， ϕ 為 $30^{\circ}41'$ ，飽和後之比重為 2.12 ， ϕ' 為 $18^{\circ}26'$ ，木板樁之撓曲應力 $\parallel 70\text{kg/cm}^2$ 鋼拉條之引應力 $\parallel 1200\text{kg/cm}^2$ ，求板樁，木橫樑，拉條之尺寸及拉條之位置？

本題設計之步驟，可先按序列下：

- (一) 求板樁上之各種壓力及繪成各部之壓力圖；
- (二) 求板樁之應需入土深度 x ，及 y 距；

圖九十百一第



橋樑道路工程學

(5) 假定木板樁之厚度，以求拉條之最低位置(D')。

(4) 將求出之壓力作荷重，而以拉條中心及 y 距點，作板樑之兩動支點，求支距間之最大力率，最經濟之木板樁厚度，以該力率與拉條中心之臂力率相等，或相近者，最為適度，因兩者中之大者作木板厚度之標準也。

(3) 求拉條中心點上之反力，以定拉條之距離及直徑。

(2) 由拉條之距離及拉條上之反力，按聯樑算式，求木橫樑之力率及尺寸。

(1) 求拉條後之木樑及護木之尺寸。(參閱第一百十三圖)。

(1)

$$C^1 = C \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = 1.7 \times 0.2864 = 0.481$$

$$C_1^1 = (C_1 - 1) \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = 1.12 \times 0.5195 = 0.582$$

$$C_2^1 = (C_2 - 1) \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) = 1.12 \times 1.925 = 2.156$$

么壓力

$$\begin{aligned}
 P_a &= 1000 \times 0.8 \times C' = 800 \times 0.487 = \underline{389.6} \text{ kg/m}^2 \text{ (以 } \phi \text{ 設計)} \\
 P_a' &= 1000 \times 0.8 \times C' = 800 \times 0.582 = \underline{465.6} \text{ " " (" } \phi' \text{ " ")} \\
 P_b &= 1000 \times 3 \times C' = 3000 \times 0.487 = \underline{1460} \text{ " " (" } \phi \text{ " ")} \\
 P_b' &= 1000 \times 3 \times C' = 3000 \times 0.582 = \underline{1746} \text{ " " (" } \phi' \text{ " ")} \\
 P_c &= 1000 \times C' = 1000 \times 0.582 = \underline{582} \text{ " " (" } \phi' \text{ " ")} \\
 P_{c'} &= 1000 \times C' = 1000 \times 2.156 = \underline{2156} \text{ " " (" } \phi' \text{ " ")}
 \end{aligned}$$

總壓力

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{1}{2} P_a = 3 \times 389.6 = \underline{1168.8} \text{ kg/m} \\
 P_2 &= \frac{1}{2} P_b = \frac{3}{2} \times 1460 = \underline{2190} \text{ " } \\
 P_3 &= X (P_a' + P_b') = \underline{2211.6} \text{ " } \\
 P_4 &= \frac{1}{2} \times P_c' = \frac{1}{2} \times 582 \times 2 = \underline{291} \text{ " } \\
 P_5 &= \frac{1}{2} \times P_{c'} = \frac{1}{2} \times 2156 \times 2 = \underline{1078} \text{ " }
 \end{aligned}$$

(2) 先假定 $X = 2.50$ 公尺，則援用 $M \times \bigcirc$ 或 $P_p + T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$ 由上式可求得 M 之值約為 5000kg。

設 h_1 用 1.20m, 則 $MM=0$ 爲

$$1.2T + (3 + \frac{3}{2}x)P_2 = 1.5P_1 + 2P_3 + (3 + \frac{3}{2}x)P_4 + (3 + \frac{3}{2}x)P_5$$

將已知數 T, P_D, P_1, P_2, P_3 及 P_4 代入上式, 可得下式

$$x^3 + 2.39x^2 - 1.263x - 0.254 = 0$$

上式爲一三次方程式, x 之值不易推算, 但設先假定 $x = 2.00$ 代入之, 則可變爲以下之二次方程式, 即

$$x^2 + 2.39x - 1.273 = 0$$

按代數算式, $Ax^2 + Bx + C = 0$, 則 $x = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$ 故

$$x = \frac{-2.39 \pm \sqrt{(2.39)^2 - 4 \times 1 \times (-1.273)}}{2 \times 1} = \frac{-2.39 \pm 3.44}{2}$$

以上求出之 x 值, 與假定值相差極近, 故無須另算。

按算式(100)可求 y 之值如下：

$$y = \frac{P_1 \times \frac{1746 \times 264}{2166 \times 264 - 582 \times 264}}{P_1 - P_2} = \frac{1105}{2} \text{ m}$$

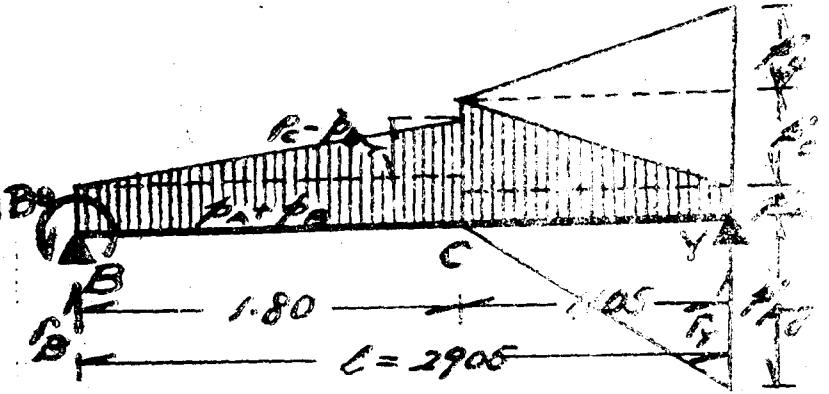
(3) 拉條之位置，與 x 之值有相當關係如上式， x 之值既已求出，則拉條之位置，不應更改預定數值，茲按照 $P_1 = 1.20 \text{ m}$ ，求木板樁之臂力率。

$$P_1 \text{ 之增進值} = 1000 \times 1.2 \times C' = 1200 \times 0.487 = \underline{585 \text{ kg/m/m}}$$

$$P_2 \text{ 臂力率} = -\frac{1}{3} h_1^2 P_2 - \frac{1}{6} h_1^2 P_1 = -\frac{1}{3} \cdot 1.2^2 \times 389.6 - \frac{1}{6} \cdot 1.2^2 \times 585 = \underline{-420.5 \text{ m} \cdot \text{kg}}$$

(4) 木板樁兩支點之距離 $l = b - b_1 + y = 2.905 \text{ m}$ 該段之荷重，可另繪一橫樑式之荷重圖如第一百二十圖。

圖十二百一第



橋樑道路工程學

將橫樑上之壓力面積，在同位置上，減去橫樑下之等面積，則該樑上所負之淨壓力如影線所示部份。

若板牆之寬為 1.00 公尺，則

$$PA + PB = 974.6 \text{ kg/m}; \quad pc - pb = 885 \text{ kg/m}$$

$$p_c' + p_c'' + p_a' - P_{p-y} = 476.6 \text{ kg/m};$$

$$P_a' + P_c' = 2211.6 \text{ kg/m}$$

由此可求 B Y 支點之反力如下：——

$$\begin{aligned}
 p_c' &= \frac{1}{2} p_c'' = 1.05 \times 582 = 645 \text{ kg/m} \\
 p_c'' &= \frac{1}{2} p_c' = 1.05 \times 2156 = 2380 \text{ " " } \\
 p_a' + p_c' + p_a'' &= 2856.6 (\approx 2380) \text{ " " }
 \end{aligned}$$

$$R_Y = \frac{974.6 \times 1.8^2 \times 0.5 + \frac{1}{2} \times 1.8^3 \times 0.85 + 4.76 \times 6 \times 1.25 \times 2.3525 + (2111.6 - 476.6) \times 0.05 \times 2.168}{3905} = 1870 \text{ kg}$$

$$\text{總壓力} = 1750 + 796 + 527 + 960 = 4033 \text{ kg}$$

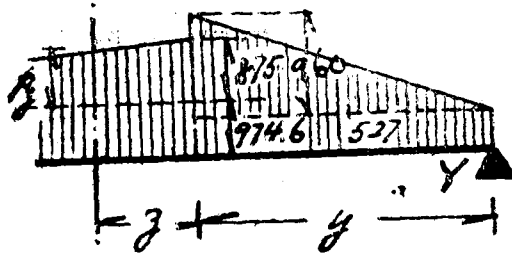
$$R_0 = 4033 - 1870 + 1.2 \times 389.6 + 585 \times 1.2 \times \frac{1}{2} = 2982 \text{ kg}$$

求該樑上之最大力率，應先求出零剪力點之位置；為明瞭起

見再繪 O—Y 段之荷重圖，以求零剪力點離 Y 支點之距如下

$$x = \frac{1.8^2 \times 0.85}{1.8} = 0.85$$

$$R_Y - 960 - 527 - 974.6 \times \frac{x}{1.8} - \frac{1}{2} \times (0.85 - \frac{x}{1.8}) \times 0.85 = 0$$



圖一十二百一第

上式可化成以下一式，

$$y^2 - 7.65y + 1.58 = 0$$

$$y = \frac{7.65 \pm \sqrt{7.65^2 - 4 \times 1.58}}{2} = 0.21 \text{ m}$$

故 $y + z = 1.315$; $y_0 = 875 - 485 \times 0.21 = 773 \text{ kg/m}$

由此可求最大力率如下

$$B_y = 1.315 R_y = 527 \times 0.7625 - 960 \times 0.578 - (974.6 + 773) \times 0.105$$

$$= (875 - 773) \times 0.21 \times \frac{1}{3} - \frac{1.315}{2.905} \times 20.5 = 11.22 \text{ m} - \frac{1}{2} (2 \times 20.5)$$

求應需之木板厚度， $d = \sqrt{\frac{6B_y}{6f}} = \sqrt{\frac{6 \times 11.22 \times 100}{100 \times 70}} = 2.8 \text{ cm}$ (用 10 cm)

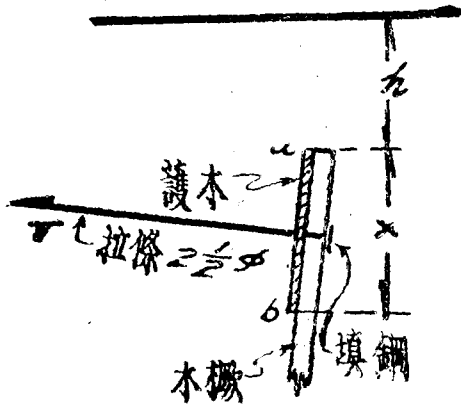
若拉條再移低若干，使 B_B 與 B_y 兩值相近，則應需厚度，更可減小。

(5) 上節求出之 R_B (即 T) = 2982 kg/日，與第二節中假定之數，相差較大，若拉條之位置，稍向下移，則 x 及 y 之值，改變極微，而木板之厚度，可仍用 10 公分，拉條

上之引力，約可近於 5000kg。若以此數，作計算木橫樑之尺寸，應先定拉條之距離。一 2 吋公分直徑之圓鋼條，其斷面積為 6.45cm²，其安全引力為 6.44 × 1200 = 7750kg。即其距離為 7750/5000 = 1.55m，用 1.50m 中一中。

(6) 若用 7 吋—9.0m 長之木樑，則該樑成五聯或六聯之聯樑，其最大力率約為 $\frac{1}{10} 5000 \times 1.5^2 = 1125m - kg$ ，若 b 假定為 20 公分，則 $d = \sqrt{\frac{6 \times 1125}{20 \times 7}} = 22 \text{ cm}$ (用 20 × 25)。

圖二百一第



(7) 木樑之距離，若護木為通聯者，應與拉條相同，故亦為 1.50m 中一中，但如此佈置，護木之厚度較大，若每一拉條用三支木樑，成單獨式者，則護木之厚度可減。木樑必須打入堅土中，若新堆之鬆土，則走動堪虞，而翼牆亦可前傾矣。計算木板之應需面積。若木板下木樑之橫面積不計，則計算較簡。木板面之土抗力，視其離地面之

深淺及泥土之堅實與否以爲斷。

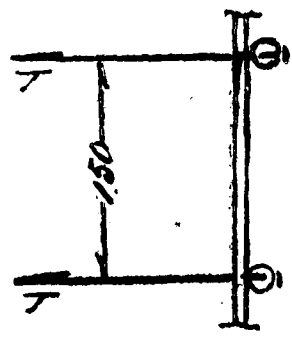
設拉條上之總拉力爲 $5000h^2$ ，木槓爲聯貫式如第一百二十三圖所示之平面圖。求土

抗力時，地面應作無動重計，故 $p_a = 1000hc'$ ， $p_{p-a} =$

$$1000hc' \cdot Pb = Pa + 1000 \times c' \text{ 及 } Pp-p = Pp_a + 1000 \times "$$

護木上之有效土抗力，應爲 $\frac{1}{2} [Pp_a - pa + (Pp_b - Pb)]$

$\times 1.5$ ，式中之 1.5 爲拉條及木槓之中心距，木槓前後



第一百二十三圖

之壓力，可參閱第一百二十四圖，其應需之有效土抗力，

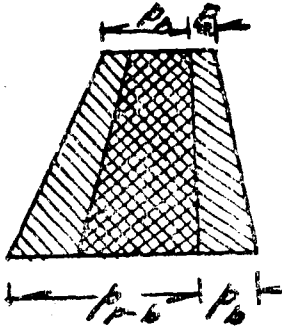
應較拉條上之引力大 $30-50\%$ ，拉條穿過護木之點，應

位於有效土抗力之重心點，翼牆木槓及護木以略向後傾爲

佳，因拉條式之翼牆，任何謹慎將事，不能絕對無移動之

弊。

第一百二十四圖



(乙) 混凝土翼牆

混凝土，或石砌之翼牆，因其自身之重力，抵抗橫向之土壓力而

不致移動或傾側，故稱之爲重心式 (Gravity type)。重心式翼牆之破壞，可得以下各端：——

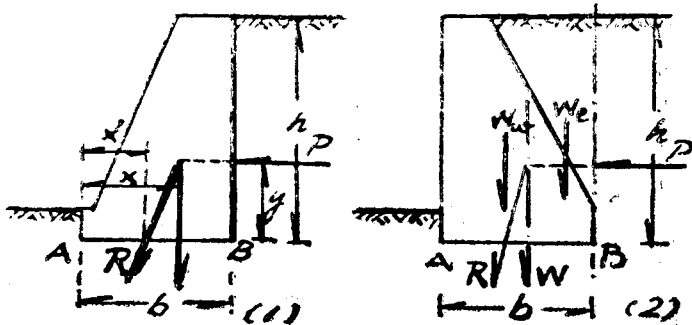
(子) 牆身前傾，其原因一由 W 重量之不足，一由於牆底前端之沈陷。

(丑) 牆底向前移動，由於底面與基底之磨擦阻力不足。

(寅) 牆身沈陷，由於基床或基樁承托力之不足。

翼牆上所受之力計分以下各條——

- (1) 牆身之自重
- (2) 牆頂上他種建築物之反力
- (3) 牆頂上之動重
- (4) 牆背斜坡上之土重 (如圖 2)
- (5) 牆底面之竄水頂托力
- (6) 牆後之土壓力
- (7) 牆後之土抗力
- (8) 牆頂動重之壓力
- (9) 牆前面之水壓力
- (10) 牆前端之土壓力
- (11) 牆前端之土抗力
- (12) 牆底之磨擦力
- (13) 基床或基樁上之承托力
- (14) 風力。



第一二五圖

(子) 牆身前傾。以上所述之各種外力，或影響極微，或無關某一種之破壞，故設計時，視設計之目的而取捨，例如求牆身之前傾，則以最小之垂直力，竄水頂托力，及最大之土壓力求之。例如上圖之(丁)，W為最小之垂直力之合力，P為最大之土壓力，其合力為R，欲使翼牆不致傾倒，則必須有一等大及同一着力點之反力R'，以平衡之，若R'化分為垂直及水平兩子力(R'_v R'_H)則 P, W, R'_v 及 R'_H 四力之 $\sum M = 0$ ，算式為

$$P_y + R'_v x' - R'_H O = 0$$

故 $x' = \frac{W \times - P_y}{R'_v}$

但按之 $\sum M = 0$ ，則 $R'_v = W$ ，W×為順鐘向之力率，以 N_c 代之， P_y 為逆鐘向之力率，以 M_{cc} 代之，故上式可化為 $x' = \frac{M_c - M_{cc}}{W}$

又設順力率，逆力率及垂直力之不止一數者以 M_{cc} 代總順力率， M_{cc} 代總逆力率， M 代總垂直力，則上式可化為一普通之算式如下——

$$x' = \frac{M_{cc} - M_{cc}}{M W} \dots\dots\dots (101)$$

若 $x' = \frac{1}{3}b$ ，則橋底下之承托力沿 A B 底面成勻佈律，若 $x' > \frac{1}{3}b$ ，則 $P_A > P_B$ 之值（以 e 代之）稱之為離心距（Eccentric distance）。若 $x' < \frac{1}{3}b$ ，則 A 點之承托力大於 B 點，反之則 B 點大於 A 點，其算式為

$$P_A = \frac{MW}{A} \left(1 + \frac{6e}{b} \right) \dots\dots\dots (102)$$

$$P_B = \frac{MW}{A} \left(1 - \frac{6e}{b} \right) \dots\dots\dots (103)$$

上式中之 A 為橋底之面積，若 $M \leq 0$ 為翼橋之每一單位計，則算式中之 A 可用 b 代之。若 $x' = \frac{1}{3}b$ ， $e = \frac{1}{6}b$ ，則

$$P_A = \frac{MW}{A} (1+1), \quad P_B = \frac{MW}{A} (1-1) = 0$$

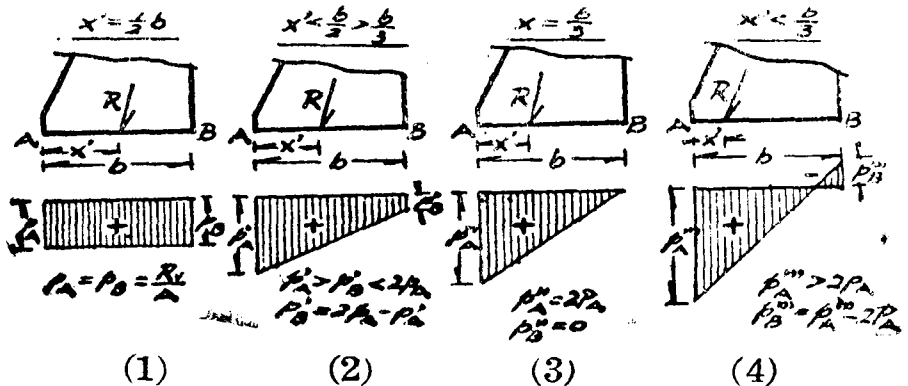
即 A 點之承托力為 $x' = \frac{1}{3}b$ 之兩倍，而 B 點之承托力為零。第一百二十六圖為合力穿過橋底之位置與橋底反力之關係 (1) $x' = \frac{1}{3}b$; (2) $x' > \frac{1}{3}b$; (3) $x' < \frac{1}{3}b$;

$$(4) \quad x' > \frac{1}{3}b;$$

求擋牆外傾之力，牆外之水壓力，因在建築方成，水路尚未溝通時，其傾勢最大，又牆前端之一層土抗力，因數值極微，亦不之計。滲水之頂托力，反足以減小牆基之承托力，但同時可減小 x 之距，故須分有無兩種計算。

擋牆內傾之勢以普通情形而論，因有擋牆後之土抗力，足可抵擋有餘，故無庸算計，但擋牆後之泥土抗力，若不能充分利用者，應另行計算。計算土壓力土抗力與前述同，若上下層之乾砂或土性不同者，因分別計算之。

(丑) 牆底向前移動。參閱第一百二十五圖(丁)，因土壓力(P)之施於牆身，使底部產生一 x 之反力，故牆底與基面之磨擦阻力，能等於或大於 x 者，則牆底可保持靜止情形，反之則牆底勢必向前移動。



圖六十二百一第

橋底之磨擦阻力，與橋身之總重(M)所用之材料，及基床之物體而增減。設F為磨擦阻力，C為磨擦係數，則

$$F = CMW \dots\dots\dots (104)$$

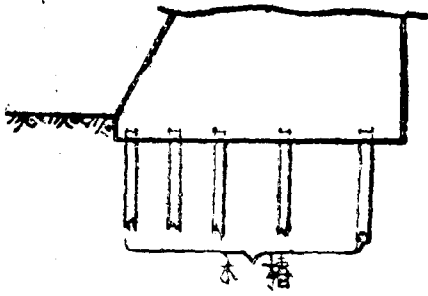
C之值按各種材料之磨擦面，列表如次：

磨 擦 面 之 種 類	磨擦係數(C)	磨擦角度(φ)
花崗石 粗糙面	0.70	35°0'
石灰石 粗糙面	0.55	28°50'
大理石 光面	0.65	33°0'
磚, 石, 凝 疑 土	坊上面與坊上面	33°0'
	坊上面與坊上面(順木紋)	31°0'
	坊上面與坊上面(正交木紋)	26°40'
	坊上面與乾粘土	26°40'
	坊上面與濕粘土	18°20'
	坊上面與砂	21°50'
	坊上面與礫石	31°0'
軟石面與鋼鐵面	0.40	21°50'
硬石面與鋼鐵面	0.30	16°40'

(黃) 牆身沈陷 (Settlement of Retaining Wall)。牆身之沈陷趨勢，若縱向各段之沈

陷一律而陷距不大者，與牆身無多大影響，若各段之沈陷不一律者，則對於牆之本身，可發生裂紋或破斷之虞。以橫向而論，因牆底之反力，全介於 $x^2 \cdot \Delta \sigma \cdot b - x^2 \cdot \sqrt{1/3} \cdot b$ 之間，故 A B 兩點之承托力強弱不同，最易引起不等沈陷 (Unequal Settlement) 之作用。重心式擋牆之基底反力，常較別種式樣者為大，故擋牆基底，除直接可築於良好之岩石層者外，普通之砂土承托力，均難勝任，必須藉基樁作用，以傳達下層，基樁之佈置

圖七十二百一第



，應視反力圖之形式而定其長短及樁距。又擋牆用基樁設計者，其牆底面之摩擦力，應由樁之剪力及坊工料之橫承托力以定之。例如第一百二十七圖，若木樁之總斷面積為 $M \times$ ，木樁之剪應力為 S ，則 $M \times S$ 之值必須大於 R_H ，又設木樁之直徑為 d ，而其總直徑為 $M \times d$ 木樁或坊工料之承托力為 C ，及木樁與坊工接合之深為 h ，則 $M \times d \times h \times C$ 亦須大於 R_H 。以上之計

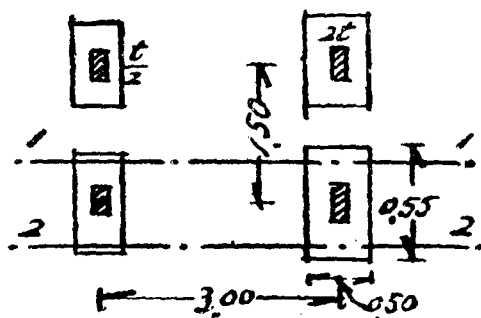
算，木樁必須無向前傾倒之弊，若基底之泥土性質不實，木樁之自能向前傾倒者，雖牆底與樁端無相互間之移動，而牆身仍可前傾，故牆底前排之木樁，應用斜立式爲妥，其斜度視 $\frac{H}{L}$ 值之大小而決定。

第十三章 鋼筋混凝土橋設計

第一節 平板橋 (Slab bridge)

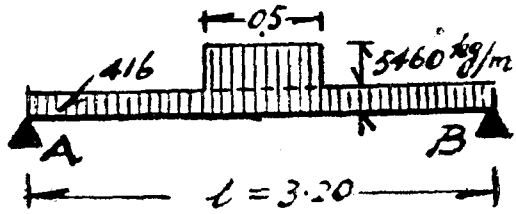
平板橋爲但有橋板，無縱橫樑，兩端支於橋座之最簡單之一種，若兩橋座之淨孔過寬，則所用材料，殊不如用板樑橋之經濟，故實際上甚少採用。橋面兩旁之攔杆，但載其本身重量，不作支架平板之用。設如第一百二十八圖爲一五公噸載重之車輪，與橋面貼合之四點，其分散之範圍，如實線所示，橋孔之淨寬3.00公尺，則後輪抵達橋面時，前輪已脫離橋面，故橋板之設計，祇需一後輪之載重可矣。

橋板之最大動荷重爲斷面1-1及2-2間之一條，以0.5公尺寬計，其平均勻佈重加50%衝擊力爲

$$\frac{3000}{0.55} \times 0.5 = 5460 \text{ kg/m}$$


圖八十二百一第

圖九十二百一第



平板厚假定為 0.18, 鋪砌層 = 0.20, 則平板上之勻佈靜重 =

$$0.18 \times 0.5 \times 2400 = 216 \text{ kg/m}$$

$$0.2 \times 0.5 \times 2000 = 200 \text{ , , }$$

$$\text{總勻佈重} = 416 \text{ , , }$$

$$\text{支距} = 3.06 + 0.20 = 3.20 \text{ m}$$

$$\text{最大力率} = \frac{1}{8} 416 \times 3.20^2 + 1365 \times 1.60 - 683 \times 0.125 =$$

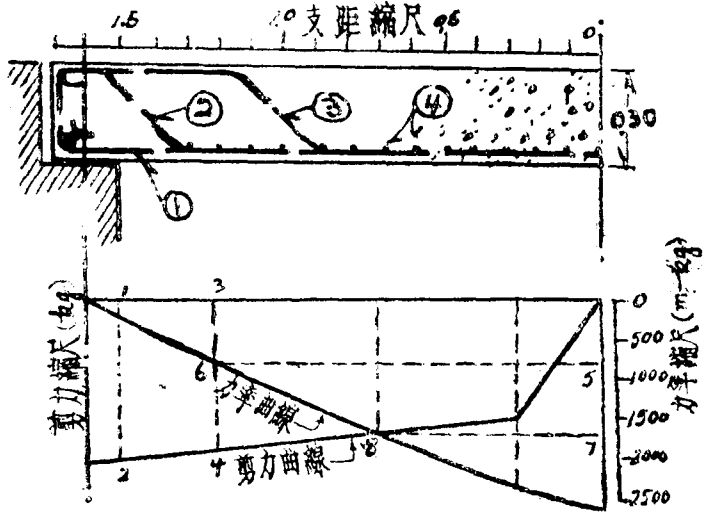
$$2630 \text{ m}\cdot\text{kg}/0.5 \text{ m}$$

若 $t = 1300 \text{ kg/cm}^2$; $c = 45 \text{ kg/cm}^2$; 參閱第八十二圖, 則

$$k = 0.3746; k' = 0.0002538; \text{ 援算式 (65) 及 (66)}$$

$$d = k \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.3746 \sqrt{\frac{263000}{50}} = 37.3 \text{ cm}$$

圖十三百一第



外加 2.8 cm 包皮，應共用 30 公分之厚

$$A_s = \frac{1}{16} \sqrt{M/B} = \frac{0.0035 \times 20}{\sqrt{363000 \times 50}} = 9.18 \text{ cm}^2$$

應用 2/8" ϕ 每 11 cm 中一中。

$$M_1 = \frac{1}{2} \times 416 \times 0.5 \times 2.7 + 1365 \times 0.5 = 964 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$M_2 = \frac{1}{2} \times 416 \times 1 \times 2.2 + 1365 \times 1 = 1823 \text{ "}$$

$$M_3 = \frac{1}{2} \times 416 \times 1.35 \times 1.85 + 1365 \times 1.35 = 2364 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

剪力

支點上 $= 416 \times 1.6 + 1365 = 2031 \text{ kg}$

a 點上 $= 2031 - 416 \times 1.35 = 1470 \text{ "}$

最大之剪力 $= \frac{2031}{50 \times 27.5 \times 7/8} = 1.69 \text{ kg/cm}^2 (< 1.7)$

設如剪力圖上 1-2-3-4 一方之總剪力 $\equiv 8031 - 4/6 \times 0.25 = 1927 \text{ kg}$

1-3 之距為 30cm, 若該段所用之鋼筋為 21cm 中一#

則其總鋼筋面積 $\equiv \frac{8031}{21} \times 4 \times 1/9 \times 30 = 543 \text{ cm}^2$

按算式 (68)

$$k = \frac{1927}{543 \times 0.88} = 4.04 \text{ kg/cm}^2 \left(< \frac{45}{7.5} \right)$$

故支點上之直鋼筋，用鋼筋距 21cm 中一#，對於鋼筋與混凝土之黏合力，已無問題，準 $A_s = k \sqrt{B \cdot D}$ 算式，若 b 之值不變，則 A_s 與 B 之平方根成正比，故力率圖亦可作 A_s 圖用，由最大力率值分為三等距，則 5 及 7 為 1 與 2 之最大力率值，由該兩點作 5-6 及 7-8 兩並行線，交力率曲線圖於 6 及 8 兩點，則該兩點之平距位置，作為應需鋼筋 1 與 2 於 9.18cm² 之值，是鋼筋之佈置，可如 (1) (2) (3) 三號。(4) 號之鋼筋，通常為 1/3 之 A_s ，其用途凡二，一為防止溫度遞變之裂紋，一為分佈集中重之用。如本題應用 3/8" 中 10cm 中一#。

第一節 丁樑橋 (T beam Bridge)

單孔丁樑橋爲橋板及丁字縱樑兩部。橋板橫支於各丁字縱樑上，而丁字縱樑之兩端，則直接支於兩橋座之上。橋面兩旁之攔杆，亦僅載其本身之重，不作分載橋板上動重之用。丁樑橋之支距，可自 30—150 公尺，橋面之寬，可自由增減，視需要而定，其斷面如第一百三十一圖。

橋板與橋樑上所受之衝擊力，以動重應力之含數計之，故亦稱之爲衝擊力含數 (Coefficient of impact.) 其算式爲

$$C = \frac{15}{L + 38} \dots\dots\dots (105)$$

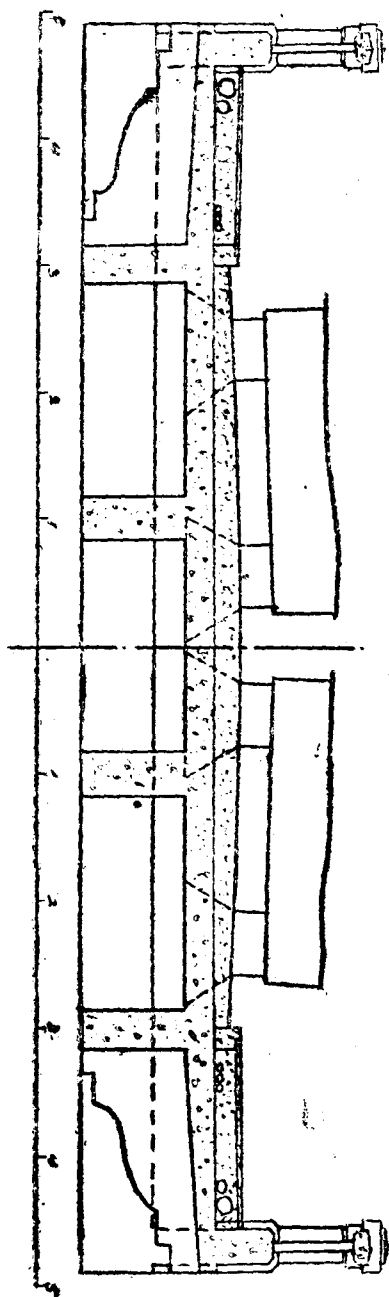
式中 C 爲衝擊力含數； L 爲某樑上最大動重應力時之動重重距，以公尺計。

設如橋孔淨寬爲 12 公尺，橋面淨寬 6 公尺，計車路寬 5.00 公尺，兩旁各設 1.50 公尺寬人行道，鋪砌面在路中心爲 23 公分，在路沿爲 15 公分，人行道上之最大載重爲

500kg/m²，最大之車輛重為12公噸。

設計應力 $c = 45\text{kg/cm}^2$ ， $t = 1200\text{kg/cm}^2$ $S = 4\text{kg/cm}^2$

車輛之總寬為2.40m，車輪之中心距為1.80m，車軸距為3.95m，輪幅寬=0.50m
 輪胎與鋪砌層之貼合寬為0.10m。



圖一百三十一

設該橋之佈置如第一百三十一圖，中心之6.00公尺作車路，分三等樑距之丁字樑，兩旁各1.00公尺，人行道之靜重及動重，由兩丁字邊樑及橋欄杆下部之一矩樑分載之

，矩樑之兩端同支於橋座上，而於三分點上，各支於臂樑上成一三聯樑，臂樑之反力仍由兩丁字邊樑承載之。人行道路面用預製鋼筋混凝土板，一端支路沿上，另一端支矩樑上，板下面之空隙，可作水管煤氣管或電線管等之用。往來之車輛後輪，若正在一橫斷面上如圖，則中心節之橋板力率為最大。求該節之力率，亦可用片氏之曲線圖以求之如下：——

$$W = \sqrt{(a+2d)^2 + H^2} = \sqrt{(0.5+2 \times 0.23)^2 + 0.2^2} = 0.98 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{(b+2d)^2 + H^2} = \sqrt{(0.1+2 \times 0.23)^2 + 0.2^2} = 0.575 \text{ m}$$

z 之值為 $2.4 - 1.8 + 0.5 - 0.98 = 0.12 \text{ m}$ 因 z 之值極小，可作一輪之分佈面積計算。

$$\frac{2W + z}{2} = \frac{2 \times 0.98 + 0.12}{2} = 1.04 \text{ m}$$

$$\frac{V}{2} = \frac{0.575}{2.00} = 0.2975 \text{ m}$$

由第 94—95 兩圖，得 $m_1 = 1.08$ ； $m^2 = 0.71$ ；

按算式(82)及 W 之重應以兩後輪之總重及酌加 20% 之衝擊力，故 $W = 20t$ 。

$$M_2 = 0.0832 m_2 W = 0.0832 \times 108 \times 20000 = \underline{1797} \text{ m} \cdot \text{kg/m}$$

$$M_2 = 0.0832 m_2 W = 0.0832 \times 0.71 \times 200000 = \underline{1182} \text{ m} \cdot \text{kg/m}$$

以上求出之 M_1 及 M_2 兩力率，為片氏之單節樓板兩端動支之最大力率，但按之上頗為一五聯樑之樓板，故其力率約為 65—70% 之以上之值，即

$$M_1' = 0.7 \times 1797 = \underline{1257} \text{ m} \cdot \text{kg/m} \quad \text{及} \quad M_2' = 0.7 \times 1182 = \underline{829} \text{ m} \cdot \text{kg/m}$$

靜重力率

兩 邊 兩 節 中 心 三 節

橋 板 = $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$ $0.2 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}$

鋪 砌 層 = $0.2 \times 2300 = 460 \text{ kg/m}$ $0.23 \times 2200 = 506 \text{ kg/m}$

總 計 = 820 kg/m 總 計 = 986 kg/m

$$l_1 = l_1' = 1.70; \quad l_2 = l_2' = 2.00 \text{ m};$$

$$\text{中心節之力率} = \frac{1}{12} \times l_1^2 = \frac{1}{12} \times 986 \times 2^2 = \underline{329} \text{ m kg}$$

$$\text{中心節之總力率} = M' + 329 = 1257 + 329 = 1586 \text{ m-kg/m}$$

$$\text{應需厚度 } d = k \sqrt{\frac{R}{b}} = 0.3746 \sqrt{\frac{1586}{17}} = 14.9 \text{ cm (用 } 17 \text{ cm)}$$

$$\text{應需鋼筋面積 } A_s = k' \frac{R}{d} = 0.0956 \times \frac{1586}{15} = 10.08 \text{ cm}^2$$

用 $\frac{1}{2}$ " ϕ 每 12.4 cm 中一中

縱向之鋼筋， $M'z = 82900 \text{ cm-kg}$;

$$A_s = 0.0956 \times \frac{829}{15} = 5.28 \text{ cm}^2 \quad \text{用 } \frac{1}{2}" \phi \text{ 每 } 0.25 \text{ m 中到中。}$$

第二節，第四節及各支點上用同量之鋼筋，第一節及第五節但負靜動，其動重直接由預製板傳達縱樑上，故用半數之鋼筋量，已充分有餘。

$$\text{中心兩丁字樑 按丁樑 } b \text{ 之寬 } (1) \frac{1}{4} = 3.10 \text{ m}; (2) 2.00; (3) 12 S_b + b_r =$$

$$2.04 + b_r, \text{ 三者中之最小者爲 } 2.03 \text{ m。}$$

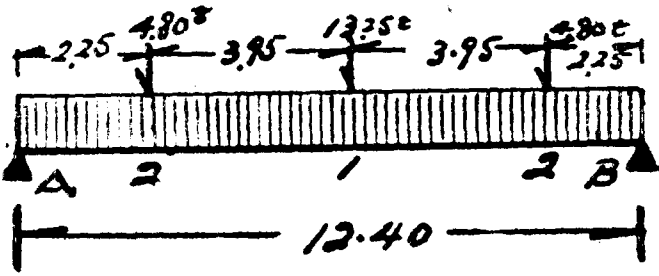
b_r 先假定 0.30 m 及 $D = 1.00 \text{ m}$ ，則丁樑上之靜重如下：——

$$\text{鋪砌層} = 506 \times 2 = 1012 \text{ kg/m}$$

橋板 = $916 \times 2 = 1832 \text{ kg/m}$
 樑身 = $0.3 \times 83 \times 2400 = 600 \text{ kg/m}$

總計 = 344 kg/m

圖二十三十一第



按第一百三十一圖，因外車輪中心離邊樑中心為 0.65 m ，故中心樑之動載重 $\left(1 + \frac{0.65}{2.00}\right) W = 1.325 W$ ，後輪重為 $13.25t$ 及前輪重 $4.8t$ 若前車之後輪與後車之前輪之距等於車軸距，則後輪在樑中心時之力率為最大，兩支點之動重反力為

$$R_A = R_B = 4.80 + 6.625 = 11.425 t$$

$$\text{最大力率 } m_{1,c} = 11.425 \times 6.20 = 4800 \times 3.95 = 52050 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$m_{2,c} = 11.425 \times 9.25 = 95750 \text{ "}$$

$$\text{靜重力率 } m_{1,d} = \frac{1}{8} 3440 \times 12.4 = 66000 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$m_{2,d} = \frac{1}{2} 3440 \times 2.25 \times 10.15 = 39050 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

總力率

$$m_2 = m_{1-d} + m_{1-e} = \frac{118,050}{m \cdot kg}$$

$$m_3 = m_{1-d} + m_{1-e} = \underline{64,800} \quad)$$

$$d_1 = 0.3746 \sqrt{\frac{11805000}{900}} = \underline{91.9 \text{ cm}}$$

$$A_{s,1} = 0.0956 \times \frac{11805000}{95} = \underline{11880 \text{ cm}^2} \quad \text{用 12 支 } 1\frac{1}{4}''$$

$$A_{s,2} = 0.0956 \times \frac{64800}{95} = \underline{6530 \text{ cm}^2} \quad \text{用 7 支 } 1''$$

么男率

$$= \frac{11425 + 3444 \times 6}{35 \times 95 \times \frac{1}{15}} = 11 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_w = \frac{11 \times 35 \times 40}{1800} = \underline{1.780 \text{ cm}^2} \quad \text{用 1-1 半之彎鋼筋及 } \frac{1}{4}'' \text{ } \phi \text{ 鋼箍 } 10 \text{ cm 中 1 寸}$$

欄杆下部之矩樑

欄杆及矩樑

$$= 440 \text{ kg/m}$$

橋板 . 125 × 1.05 × 2400

$$= 320 \text{ kg/m}$$

填料等 . 2 × .7 × 2200

$$= 308 \text{ kg/m}$$

靜重

橋樑道路工程學

$$\text{動重及震動力 } 500 \times .75 = \underline{375 \text{ kg/m}}$$

$$\text{總計} = \underline{1443 \text{ kg/m}}$$

按「聯」第 211 頁第二表，

$$M_B = M_B' = -0.1167 \times 1443 \times 4.13^2 = \underline{-2860 \text{ m-kg}}$$

$$M_1 = M_1' = \frac{1}{8} 1443 \times 4.13^2 - \frac{1}{2} 2860 = \underline{1640 \text{ ,,}}$$

$$M_2 = \frac{1}{8} 1443 \times 4.13^2 - 2860 = \underline{210 \text{ ,,}}$$

$$d_g = 0.3746 \sqrt{\frac{286000}{25}} = \underline{40 \text{ cm}} \text{ (用 } 60 \text{ cm)}$$

$$A_{3-2} = 0.0956 \frac{2860}{3.55} = \underline{4.74 \text{ cm}^2} \text{ (用 } 4 - \frac{1}{2} \text{ " } \phi)$$

$$A_{3-1} = \frac{1640}{2860} 4.74 = \underline{2.72 \text{ ,,}} \text{ (,, } 5 - \frac{1}{2} \text{ " } \phi)$$

$$A_{3-2} = \frac{210}{2860} 4.74 = \underline{0.35 \text{ ,,}} \text{ (,, } 2 - \frac{1}{2} \text{ " } \phi)$$

$$\text{么剪力} = \frac{1443 \times 2}{25 \times 5.75 \times 7.8} = \underline{2.3 \text{ kg/cm}^2} \text{ (} < 4$$

臂樑上之反力 = $1.443 \times 4.13 = 5950 \text{ kg}$
 欄杆柱 = $0.3 \times 0.3 \times 1.3 \times 2400 = 300$
 臂樑重 = $\frac{400}{\text{總重}} = \frac{6650}{\text{總重}} \text{ kg}$

邊丁字樑 b 之寬仍可用 2.00m

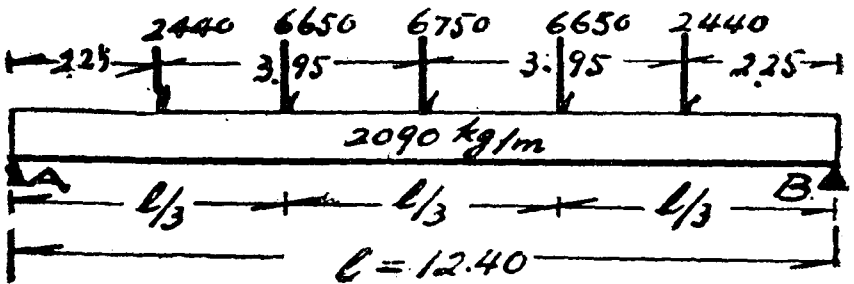
靜重
 鋪砌層 = $350 \times 0.85 = 300 \text{ kg/m}$
 橋板 = $408 + 360 \times 0.85 = 714$
 丁樑 = $0.35 \times 0.83 \times 2400 = 700$

勻佈動重及震動力

總計 = $\underline{2090}$

後車輪動重 = $0.675 \times 10 = \underline{6750 \text{ kg}}$
 前車輪動重 = $0.675 \times 3.62 = \underline{2440}$

荷重圖參閱第一百三十三圖



圖三十三百一第

集中重之反方

$$R_A = R_B = 2440 + 6650 + \frac{1}{2} 6750 = \underline{12465 \text{ kg}}$$

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot 2090 \times 2.25 \times 10.15 + 12465 \times 2.25 = \underline{51680 \text{ m} \cdot \text{kg}}$$

$$M_2 = \frac{1}{2} \cdot 2090 \times 4.13 \times 8.27 + 12465 \times 4.13 - 2440 \times 1.88 = \underline{82610 \text{ m} \cdot \text{kg}}$$

$$M_3 = \frac{1}{8} \cdot 2090 \times 12.7^2 + 12465 \times 6.2 - 2440 \times 3.96 - 6650 \times 2.97 = \underline{94000 \text{ m} \cdot \text{kg}}$$

∴ 小於中心丁字樑之 M_{11} ，故 d 之值已充分有餘，

$$A_{S-1} = \frac{51680}{118050} \times 118.8 = \underline{522 \text{ cm}^2} \quad \text{用 } 6-1\frac{1}{4}'' \text{ 鋼}$$

$$A_{S-2} = \frac{82610}{118050} \times 118.8 = \underline{83 \text{ cm}^2} \quad \text{〃 } 9-1\frac{1}{4}'' \text{ 鋼}$$

$$A_{S-3} = \frac{94000}{118050} \times 118.8 = \underline{94.5 \text{ cm}^2} \quad \text{〃 } 10-1\frac{1}{4}'' \text{ 鋼}$$

$$\text{公剪力} = \frac{12465 + 2090 \times 6}{30 \times 95 \times \frac{7}{8}} = \underline{10.7 \text{ kg/cm}^2}$$

用 { 1—1 1/4" 彎鋼筋
及 1/4" φ 鋼箍 10cm 中到中。

臂樑

$$B = 6650 \times 1.7 = \frac{11300}{1.7} \text{ m}^2 \cdot \text{kg}$$

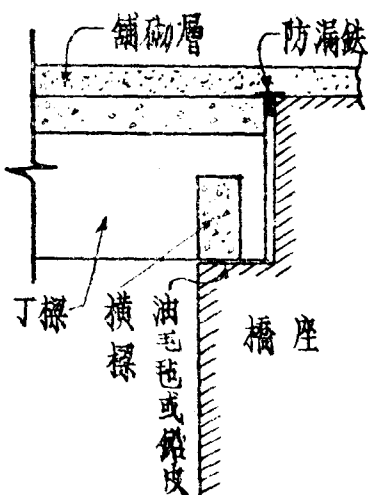
$$d = 0.3746 \sqrt{\frac{1130000}{3.5}} = 79.6 \text{ cm} \quad (\text{用 } 1.00\text{m})$$

$$A_s = 0.0456 \frac{11300}{9.5} = \frac{11.37}{9.5} \text{ cm} \quad (\text{用 } 4-3/4" \phi)$$

橋座。丁樑之最大反力 = 32100 kg，設其支距為 40cm，則其面積為 40 × 35 =

1400 cm²，由此可求其么承托力 = $\frac{32100}{1400} = 22.9 \text{ kg/cm}^2$ ，此為最適合之數值，因縱

樑彎曲後，則橋座外緣上之么承托力，必大於內部，故其最大之么承托力以 3/4 之值為限。又縱樑之支點處，應加用一橫樑其作用凡三，(1) 可將丁樑之集中重反力，分佈成勻佈重於橋座上 (2) 橋樑受溫度變遷而漲縮，使各樑同一進退，(3) 各丁樑無橫向之移動。該樑中所用之鋼筋，無須計算，可酌用之。橋板與檔牆接縫處，應用一

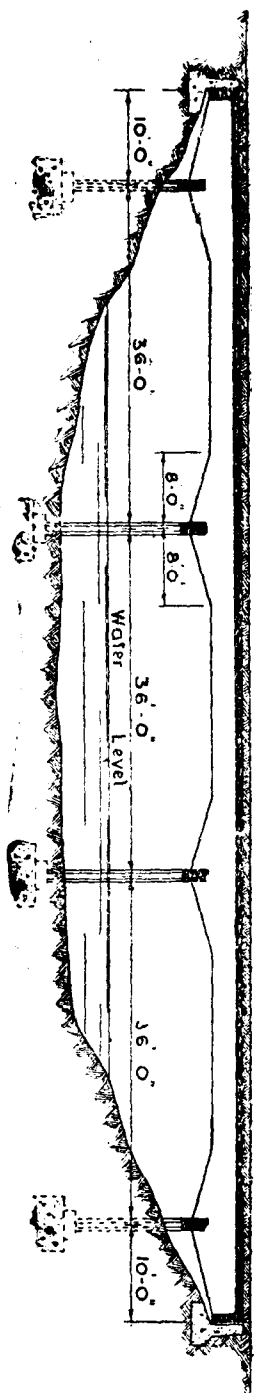


圖四十三百一第

丁字形鋼條以防鋪砌物之下漏，橋座頂面，應有易於移滑之設置，如反力不大者，可用油毛毡或鉛皮之屬。若橋孔在50公尺以上者，其兩端之反力極大，應另用滾軸等之設置。

若橋孔有一個以上者，則丁樑設計，可用聯樑法計算之，則所用之材料尤省；例如上題之丁樑最大力率為 $118,050 \text{ m-kg}$ ，如以三聯樑計之，其支點間之力率，約為上值之 $\frac{2}{3}$ 。但聯樑在支點上，樑頂為引力圈，而樑底為擠力圈，故計算其應需樑高應用矩樑計算，支點上之 d 值，必大於支點中心，故常加用斜角 (Haunch) 以應付之，如第一百三十五圖。

第一百三十五圖

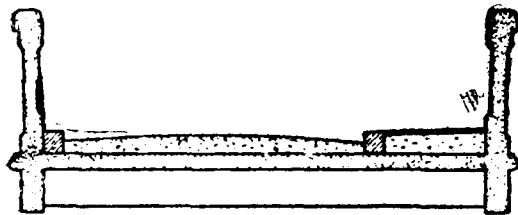
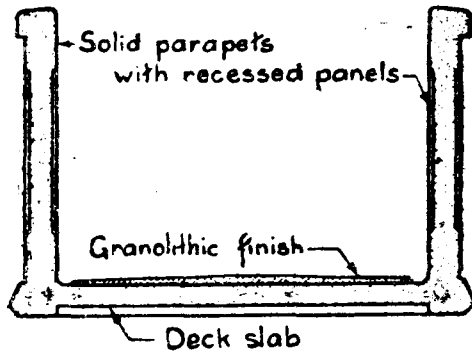


第二節 其他各式之橋樑

橋之式樣，種類繁多，要不外乎經濟美觀及工作上之便利與否而定斷，茲就各國於近一二十年來所建之各式橋樑，分別略述如次：——

(甲) 架樑橋 (Parapet girder bridge)。架樑橋就其兩架之間，有無橋樑，而分爲兩種。無橫樑之架樑橋橋板，橫支左右兩架上，其設計與本章第一節之平板橋同，惟主要鋼筋爲橫方向，橋面之寬度以 ∞ 公尺爲度。如第一百三十六圖。有橫樑之架樑橋，其橋板寬度，可至八公尺或以上，橋板爲四邊攔支式。如第一百三十七圖。架樑除攔支橋板及橋樑外，並可充欄杆之用，又因樑高較大，故所需材料殊省，在普通道路上，極有採用價值。再架樑橋亦可分單孔及多孔兩種，單孔之架樑，作單樑計算，而多孔者作聯樑計算之。

圖六十三百一第

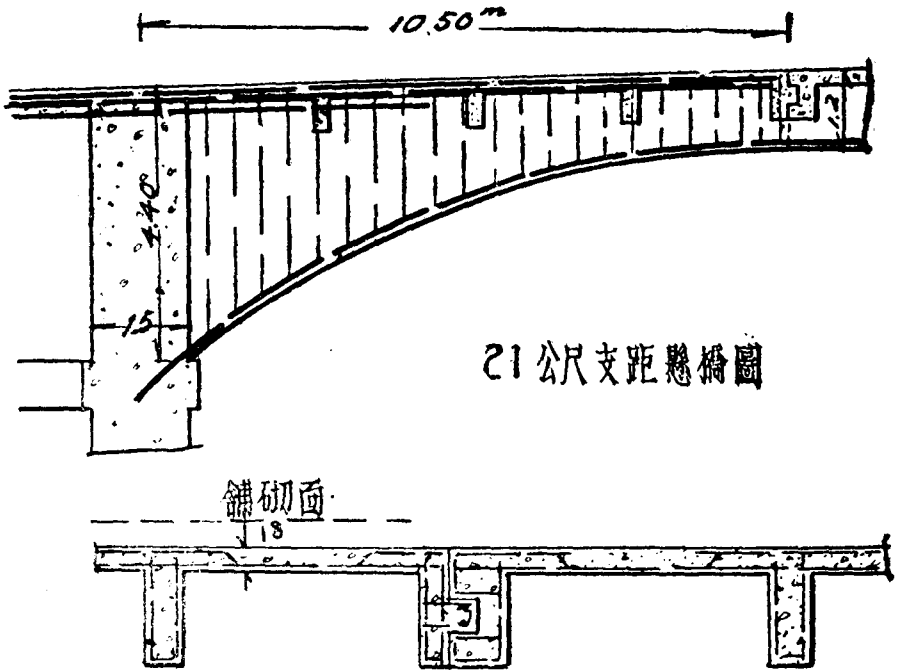


圖七十三百一第

(乙) 臂樑橋 (Cantilever bridge) 臂樑橋之外觀，或似拱橋 (Arch bridge)，或似板樑橋，非細加辨認，不易分別，臂樑橋橋板及橋樑之設計，較為簡單，而其最大優點，為支點上稍有執陷，與橋板及樑身上，不生何種副應力，但在定支拱橋 (Hingeless ar

圖八十三百一第

橋樑道路工程學



21公尺支距懸橋圖

斷面圖

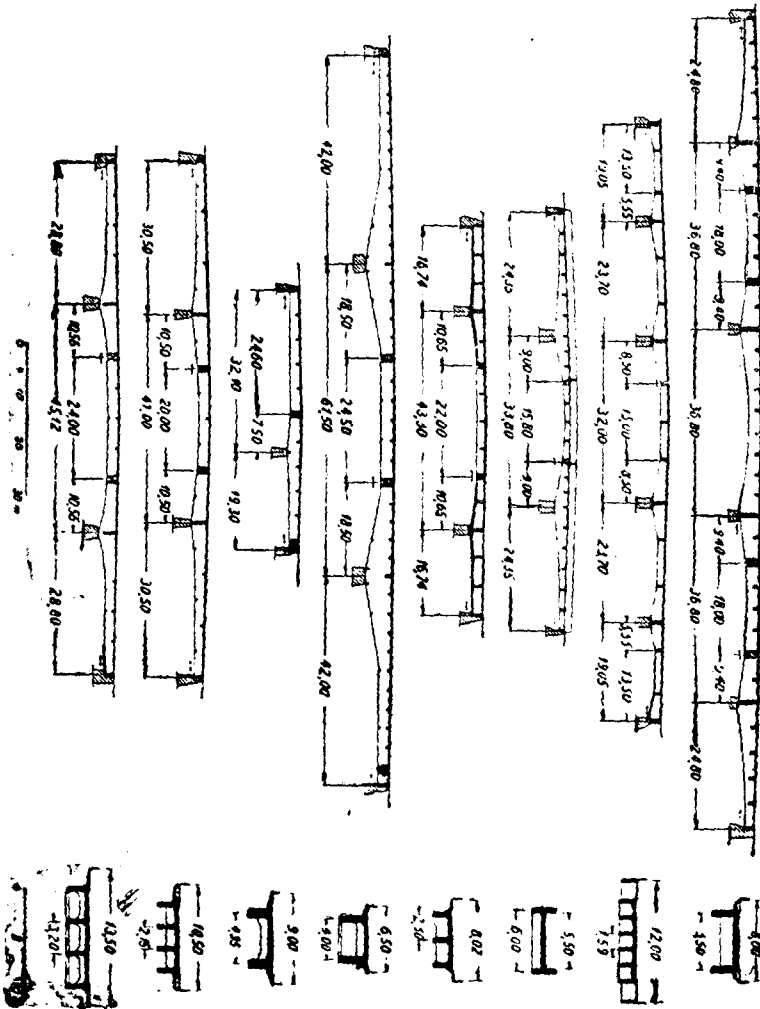
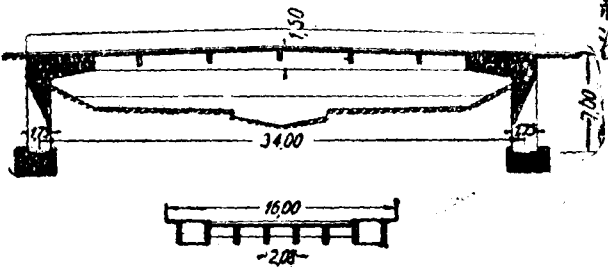
chbridge) 或聯樑橋等，若支點上，稍有差異之執陷，可發生嚴重之問題。故建築地點之基床不良或兩岸土質不同者，尤宜採用此種形式。臂樑橋孔寬之大者，約可達孔 ∞ 公尺以上，例如第一百三十八圖，為臂樑橋縱斷而圖之半及臂端之接合法。

(丙) 門框橋 (Portal Bridge)

門框橋又分單架聯架及有無橫樑等多種，框架之兩側，合擋牆為一體，如第一百三十九圖，且

因兩側與橫樑相聯故，產生負應力，使橫樑之中部力率減小，橋孔之寬度，可自30—40公尺。故在適當之境中，採用此式，亦極經濟。

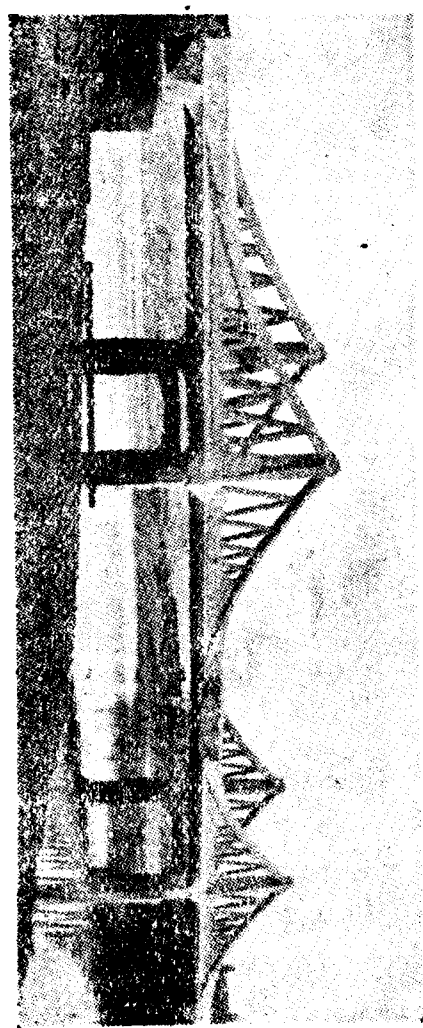
第一三百三十九圖



第一四百一十圖

(丁)複式橋 (Bridge of Compound Type) 橋孔寬度較大者，用單純之臂樑式，因其力率距之增加，與應需之樑高增加極速，若於兩臂樑之間，另加一縱樑連接之，則力率大可減小，若反而言之，即橋孔更可加寬，第一百四十圖為德國各地在近十數年間所完成之該種橋樑之縱橫斷面圖。

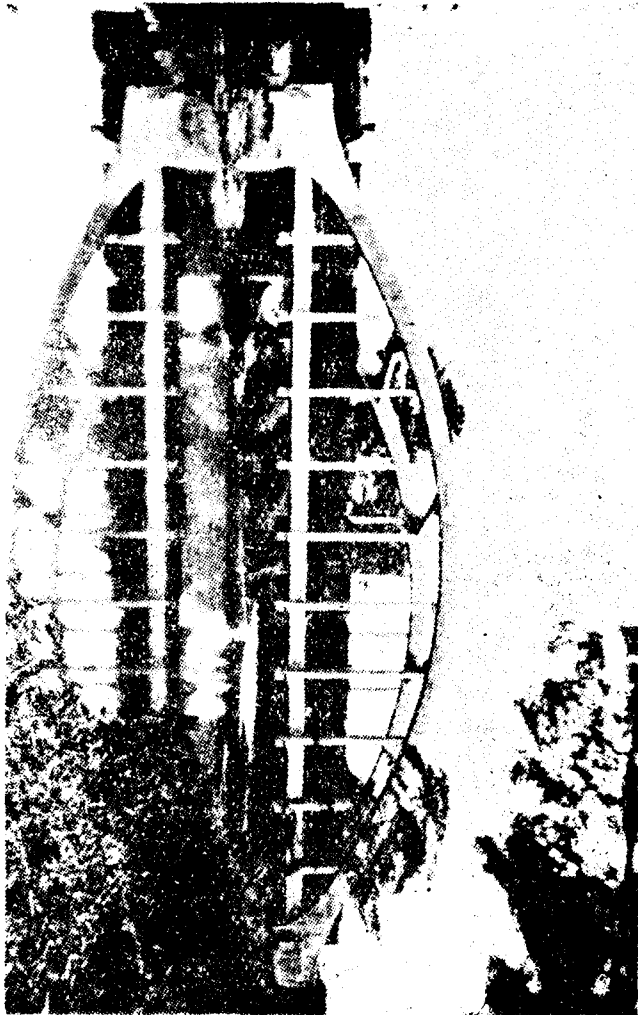
(戊)懸橋 (Suspension bridge) 。橋孔最大之寬度，在綱樑建築中，用懸吊式者，可在500公尺以上，此式在近十年來，有採用綱筋混凝土以代綱桿材料者如下圖。



(己)弓形橋 (Bowstring girder Bridge) 。弓形橋與拱橋不同之點，以力學方面言，拱橋之反

第一五四十四圖

力，可分爲垂直與水平之兩子力，而弓形橋則但有垂直反力而無水平子力，因弓背上之水平子力，悉由弓弦上之引力以平衡之，故兩支點稍有差異之墊陷，亦不發生副應力於橋身之任何部份。其橋孔寬度可在50公尺以上。第一百四十二圖爲該式之一種。



第一百四十二圖

(庚)拱橋 (Arch bridge)。拱橋之種類極多，其計算手續亦最繁，若就其力學原理而申說之，非百頁文字，所可述明。就所用之材料而區別之，有石塊，鋼桿，混凝土，

及鋼筋混凝土等種，由其孔數而分單孔及多孔等。再就鋼筋混凝土中，由其支法之不同，可分為定支 (Hingeless arch)，三旋支 (Three hinged arch)，雙旋支 (Two hinged arch) 三種，又因其拱形之不同，可分為拋物線形，半橢圓式，三圓心點曲線式等，又因拱樑與橋面間之用泥土填實與否而分填實拱橋及中空拱橋等，如第一百四十三圖，(1) 為中空式，於拱樑上另架柱及縱橫樑以擱支橋板之用。(2) 為中空式，用隔牆及縱樑作擱支橋面之用，(3) 為拱板或拱樑及拱板聯合式，橋面兩旁，加築擋牆，中填泥土之實心式，(4) 為 (1) 與 (3) 之混合式。

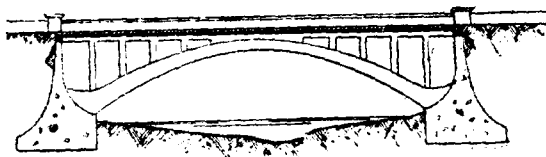


FIG. 35.



FIG. 36.

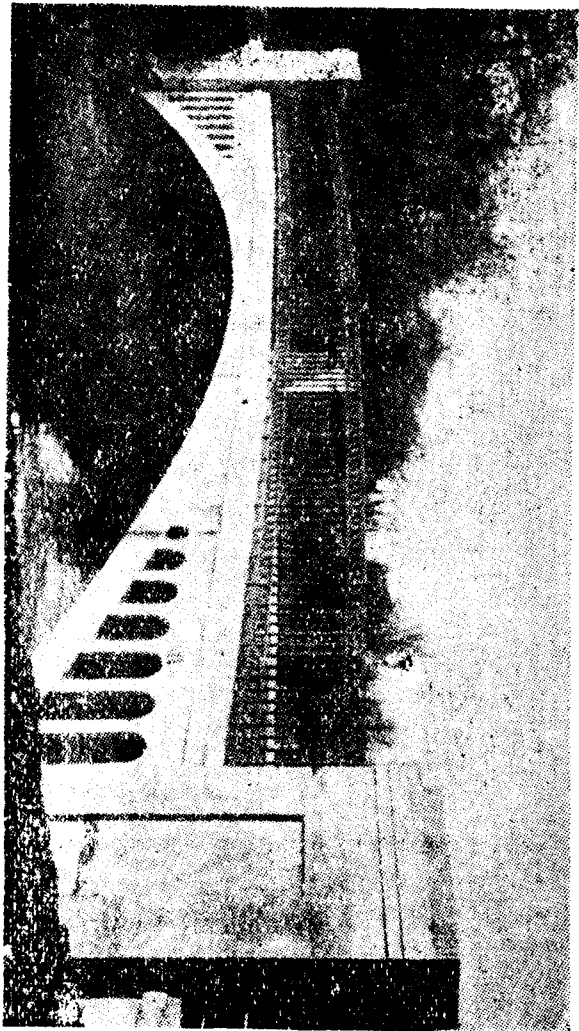


FIG. 37.



FIG. 38.

圖三十四百一第



拱橋之一

第四節 橋墩(Pier)

橋墩之最普通者，爲重心式 (Gravity type)，橋墩較高者，其斷面圖常爲頂小而底大之斜立式，但較低者，可作垂直式。橋墩載重較小者，可用鋼筋混凝土樁以代之。

設計橋墩上所受之力，計分(一)橋板或橋樑上之最大反力，(二)橋面橋樑橋墩及橋面車輛上所受之風力，(三)流水之推動力及冰擊力(四)車輛之反動力。

每一單位面積之最大風力，為各地建築章程上所規定。凡橋墩橋樑等之當風面積，直接或間接能影響到橋墩底部者，均須一一計入，其着力點則以各該面積之重心點為準。橋墩上流水之壓力算式為——

$$P = S W k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (106)$$

式中 P 係壓力之公斤數， S 係橋墩之擋水面積，以平方公尺計，

k 係含數，與橋墩斷面之寬長比，及墩頭之方圓發生關係，

V 係每秒鐘流速之公尺數； g 係地心加速度，

若橋墩之斷面成矩形者，k 之值由 1.47 至 1.33，前數為正方斷面形之含數，而後者為墩長三倍於其寬者；如橋墩為圓柱體，則 k 之值為 0.73。流速與水深之關係，向未能用簡單之算式以表示，但其最大點為略低於水面。水壓力之中心點，通常均用三

分之一之水深處。冰壓力之算式爲

$$P = 14Df \dots \dots \dots (107)$$

式中 P 〓 壓力之公斤數， D 〓 橋墩之寬以公分計

f 〓 冰之厚度，以公分計

車輪之反動力，普通用 10% 之動力作標準。

由上而論，可歸納之爲以下各條：——

(1) 水位愈高，則水壓力愈大；冰壓力之力率愈大。

(2) 橋墩愈寬，則水壓力冰壓力愈大。

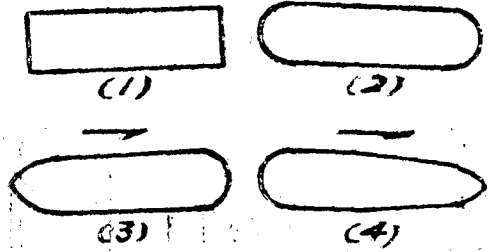
(3) 冰層愈厚，則冰壓力愈大。

(4) 橋墩愈寬，束水愈甚，既碍流水之暢行，且增大水壓力及冰壓力。

(5) 橋墩之斷面形，以狹長而圓頭者，則水壓力愈小。

橋墩之破壞，不外以下兩種，即傾倒及移動。故設計時應分別計算之。

圖四十四百一第



橋墩之荷重不大，及河流不急者，可用最簡單之矩形式，以便建築，如第一百四十四圖(1)；若流速較急及冰層較厚者，用圓頭或尖頭式，以殺壓力，如該圖之(2)及(3)；若兼顧及一斷面中最大流量者，按最近中央水功試驗所試驗楊莊活動壩之報告，以用圓而尾尖之式樣最為相宜如圖之(4)。

設計次序

例如第一百四十五圖為一預擬之橋墩平面側面及前面圖。

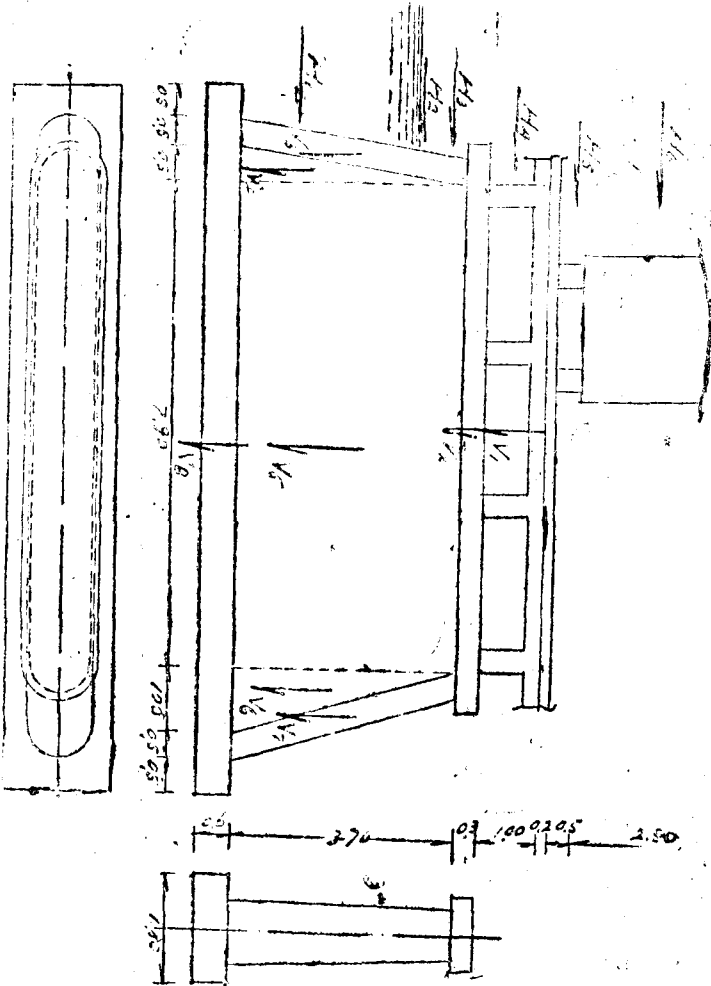
(1) 求 $V_1 - V_5$ 各垂直荷重之大小及離 B 點之正交距離，

V_1 為橋面及縱樑上之最大反力； V_2 為橋墩頂部之蓋頂；

V_3 為橋墩之圓頭部份； V_4 為橋墩前部之三角形部份；

V_5 為橋墩之中部一矩形部份； V_6 為橋墩後部之三角形部份；

第一百四十五圖



△₂ 爲橋墩之圓尾部份；

△₃ 爲橋墩之底部；

(2) 求 H_1 — H_5 各水平壓力之大小及高出於 A — B 面之高距；

H_1 爲水流之壓力； H_2 爲冰壓力；

H_3 爲風力之施於水面以上之橋墩上部者；

H_4 爲風力之施於橋樑上者； H_5 爲風力之施於橋欄杆上者；

H_6 爲風力之施於橋面上之車輛等者；

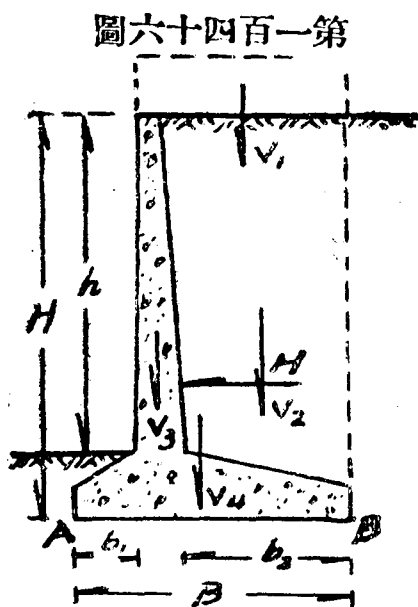
(3) 求各該力之力率以 B 點作繞心，則諸 V 力之力率爲逆鐘向，故以 M_{Co} 代之；諸 H 力之力率爲順鐘向，以 N_o 代之，故各 V 力率之和，以 M_{No} 代之，而各 H 力率之和，以 M_{Co} 代之。及各 V 力之總重，以 $M_{Σ}$ 代之；按算式 (101) 可求得 X_c 離 B 點之距，由 X_c 而求得偏心距 C 之值，再按算式 (102) 及 (103) 得 P_A 及 P_B 。按 P_A 及 P_B 可繪成墩底之承托力圖如第一百二十六圖，由該圖可定相當之木樁及樁距。

若求出之壓力，在 B 點太大，普通長度之木樁，不克勝任，則可將橋墩之尾端墩底酌量放長，同時側面圖上之尾部斜面，益加傾斜，然後仍按上法之步驟複算之。

第五節 翼牆

翼牆之用圬工或混凝土所築之重心式者，已詳上章第七節之(乙)茲再舉鋼筋混凝土翼牆之普通兩式如下：——

(甲) 臂樑式 (Cantilever Type)。臂樑式之擋土高度 (h) 在五公尺以上者，則不甚經濟，應用下節之撐牆式為佳。翼牆外面之水壓力及 (甲—乙) 一部之土抗力常不計算，故



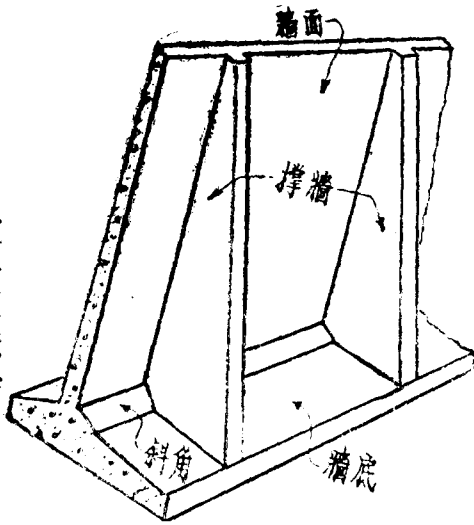
第一百四十六圖

翼牆上所受之水平力，為土壓力 (H) 及 V_1 。各垂直力， V_1 為牆頂之動重， V_2 為翼牆與虛線間之泥土重， V_3 為翼牆牆面之重， V_4 為翼牆牆底之重。由以上各力及各該力與 A 點之正交距離，以 A 點為繞心，得兩種之力率：即順鐘向之諸力率之和為 M_{N_0} ，逆鐘向之

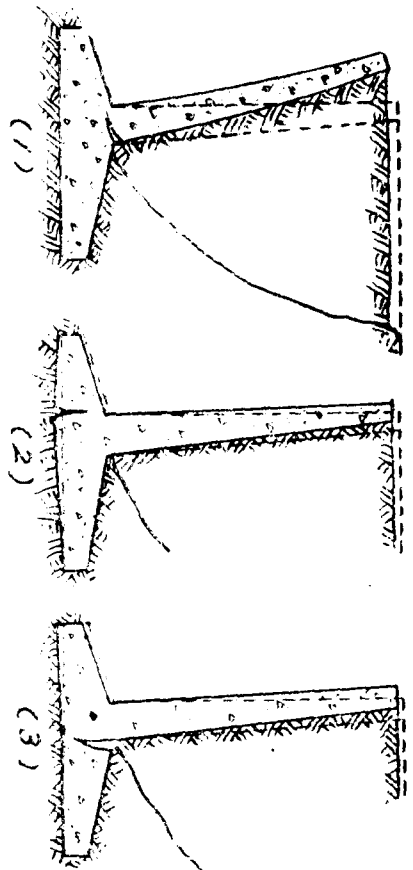
力率 M/M_{cc} ，及 M/V 之值為 $V_1 - V_4$ 之和，由此可仍按算式 (102) 及 (103) 得 P_A 及 P_B 等如前述。

臂樑之破壞點凡三，如

第一百四十七圖所示，(1)



橋樑道路工程學



第一百四十七圖

為牆面之厚度或鋼筋不足，(2) 前端之厚度或鋼筋不足 (3) 為後端之厚度或鋼筋不足。各該處之破裂紋，均為引應力處，應另行計算及酌配相當數之鋼筋。

(乙) 撐牆式 (Counterfort Type)。撐牆式之鋼筋混凝土擋牆，其傾倒及移滑之計算與上述

同。此式之牆面爲橫支式，每一撐牆，卽爲牆面坂之支點，故牆面之厚度，視撐牆之距離及壓力之大小而增減。牆面不宜薄於20公分，以防牆外船隻等之破壞力，故撐牆之適當距離，約爲2.00—3.00公尺。

撐牆式之弱點凡五；（1）牆面厚度或鋼筋數量不足，則牆面可破裂或彎曲成凹凸不平，（2）撐牆之寬度或鋼筋不足，則撐牆斷而牆亦壞，（3）牆面與撐牆之聯結不足，則牆面因土壓力而與撐牆脫離，（4）牆底前端全上節（5）牆底後部，其向下力爲泥土之重，及向上力爲基底之反壓力，兩數之差，卽爲該底牆上之荷重，以撐牆之底作支點，按聯樑算式計算之如牆面。

第十四章 涵洞之設計

第一節 涵洞之種類

路線上遇穿過溪流之處，若填塞之以絕斷水流，既不為當地人民所容，且足以為害及路身，故須有導水之路綫，使其自由宣洩，是涵洞之建築，所不免矣。涵洞之大小，由流域面積而定者，以梅氏算式 (Myer's formula) 最為簡單，其算式為：

$$A = C \sqrt{\text{流域面積}} \dots\dots\dots (108)$$

上式中之 A 為平方英尺，流域面積以英畝計；

C 之值視該流域之平坦或山地而為「 \rightarrow 」之數，若化為公尺制，則

$$A = C \sqrt{\text{流域之公畝數}} \dots\dots\dots (109)$$

式中 A 為平方公尺； $C = 0.06 - 0.24$ ；

若已知水面坡度，及建築物之糙率數，則因流量之算式為：

$$Q = A V \dots\dots\dots (110)$$

及 $V = c \sqrt{RS} \dots\dots\dots (111)$

上式中 Q 為每秒鐘之流量 A 為涵洞之斷面積

V 為流速 R 為水幕半徑 = $\frac{A}{P}$

r 為水與涵洞面貼合之周長； n 為水面傾斜比數；

算式 (111) 為克氏 (Kutter) 式，其式中之 C，可命之為流速係數，與 R, n 及物體之糙率數，互有關係，其算式為

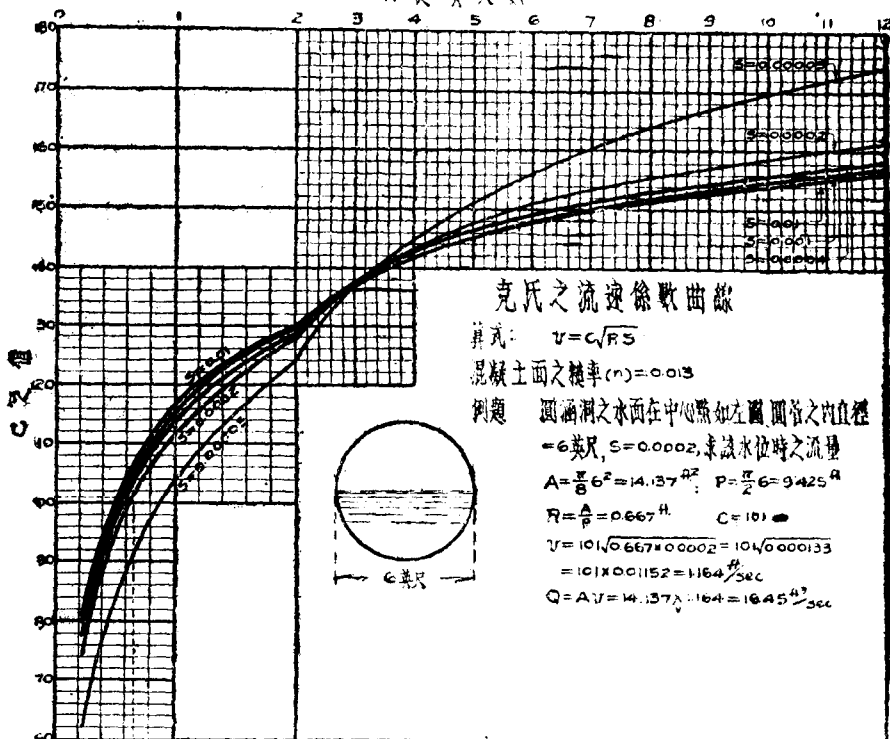
$$C = \frac{41.6 + \frac{1.811}{n} + \frac{0.00281}{S}}{1 + \frac{(41.6 + \frac{0.00281}{S})}{\sqrt{R(K+2)}}} \dots\dots\dots (112)$$

混凝土之表面糙率係數用 0.013，則按 S 與 R 各值，可作成第一百四十九圖之曲線圖如下：

圖九十四百一第

R 之英尺

橋樑道路工程學



修築涵洞之經濟問題，若以算式(110)而論，A之值愈增，則工費愈大，勢必就v之值而設想，再就算式(111)而論，S之值限於自然之地勢，v之值約與水幕半徑之平方根成正比，故水幕半徑，換言之，即涵洞之形式，實與經濟問題發生相當關係焉。

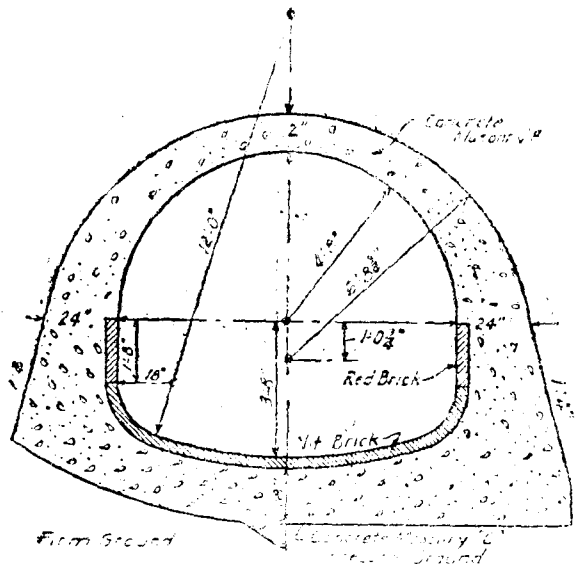
故涵洞之斷面形式，不應但顧建築上之便利，而將效率之若何，置之不問，以下各式之涵洞，即因此而各有利弊如下述：

(甲)圓管形 圓管形之涵洞，較他式之特長處凡三，(1)同一斷面面積，其周長最短，即需用之材料最省；(2)若四周之土壓力相等，其直徑在二公尺以下，則雖不用鋼筋，亦無不可，(3)圓管可預先製成，兩端用套接法接合，設置較便；但其缺點，在淺水時，過水面積小而流速亦緩，因流速之緩，致水中所帶之砂泥等，易於停積，不如蛋形式之為佳。

(乙)蛋形式 蛋形式斷面，其高水時與淺水時之R值，幾無變化，故在建築時之流量極小，而將來流量有增加時，用此式最妥。又因其寬度較小於高度，故挖溝工較省，但其缺點在建造不易，且易於破裂及基工較費。

(丙)籃把式(The Basket handle Section)。籃把式之平直徑約小於其垂直徑凡百分之六，其上半部較半圓形略扁，而底部則較半圓形為平。在建築上，此式較圓管穩妥，但其底部之建造，須特別加意，以防破裂。籃把式與馬蹄式極似，其優點及弱點大致相同，但馬蹄式之建築較易。其斷面形如第一百五十圖。

圖十五百一第



時之水流，集中於中心一部。如第一百五十一圖。

(戊)半橢圓形。如第一五十二圖，其上半部或為真

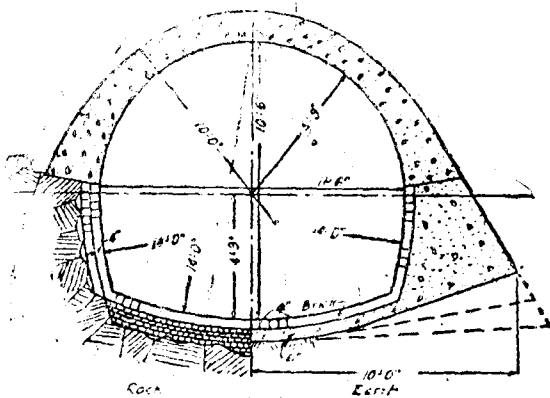
半橢圓形，或為三圓弧之近似半橢圓形。其唯一特點，其橢圓之形式，與拱橋極似，不必利用兩側之土抗力如

橋樑道路工程學

(丁)馬蹄形 (Horse shoe section)。除

圓管形外，馬蹄形實為最通用之一種斷面形。以大概而論，馬蹄之上半部為半圓式，接於內傾或直立之兩側壁，其底部之形式，可自水平而至

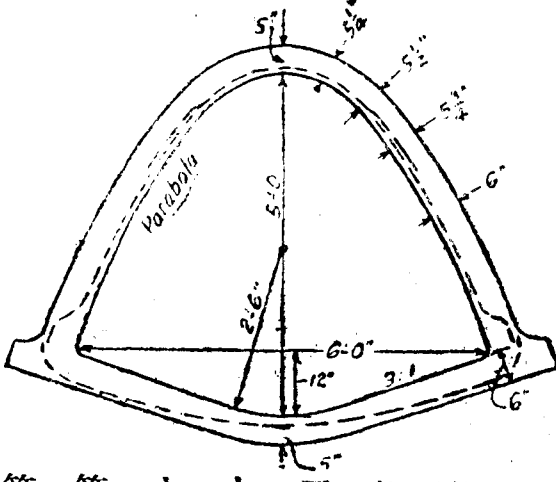
半圓或拋物線式之一節。使低水位



圖一十五百一第

圓管式，故所用之厚度較薄，此外對於低水位之水流，因其寬度大，故流量亦大。其底部較之其他各式為薄，故設計時應注意底中心之力率及酌用充分之鋼筋。

圖三十五百一第

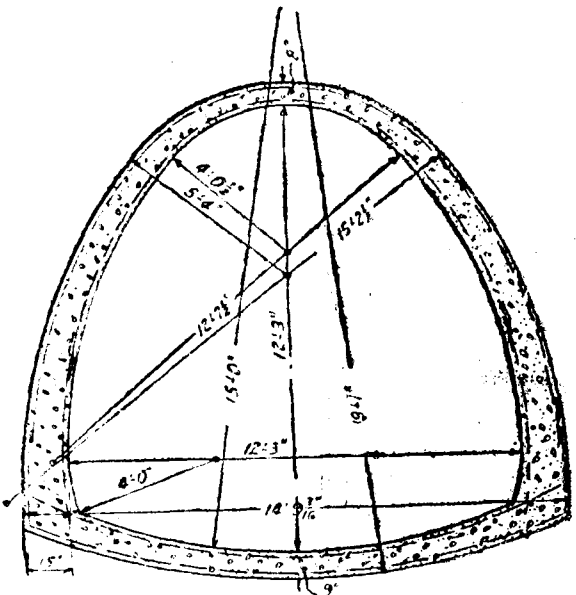


(己) 拋

物線形。拋
物線形幾成

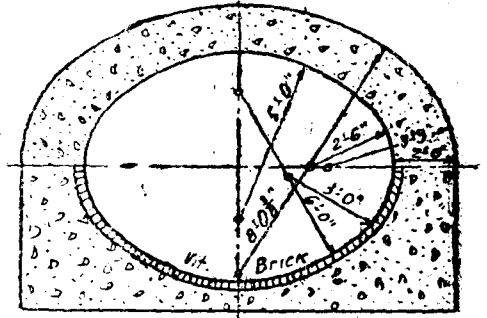
三角式，其

上部為一拋物線形，而其底部之兩邊為 3:1 之傾斜，至中心聯以緩和曲線一節。在同一高距，其流量較大於圓管式，除經濟及堅固之外，其低水位時之流量，亦較圓管式為大。



圖二十五百一第

圖四十五百一第

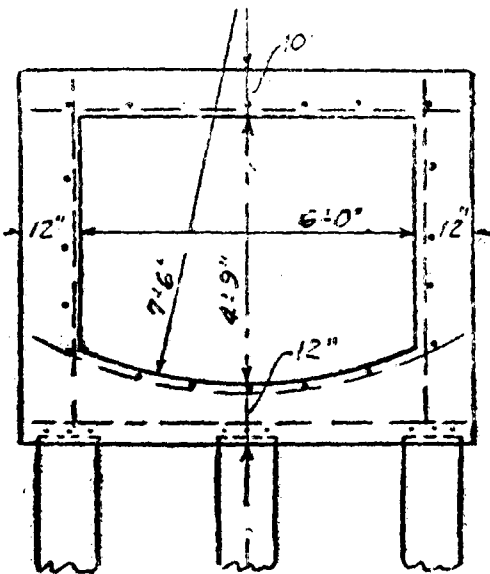


(庚) 橢圓形。如第一百五十四圖，此式之上下半部，均屬純橢圓形，其長軸或作水平或成垂直。但用者極少，因其建築不易，且用料亦較費。

(辛) 矩形。如第一百五十五圖，矩形式在漕深及漕寬受相當限制時，用之最為相宜，其優點在建築便利，及混凝土之面積經濟。至對於流速問題，若水

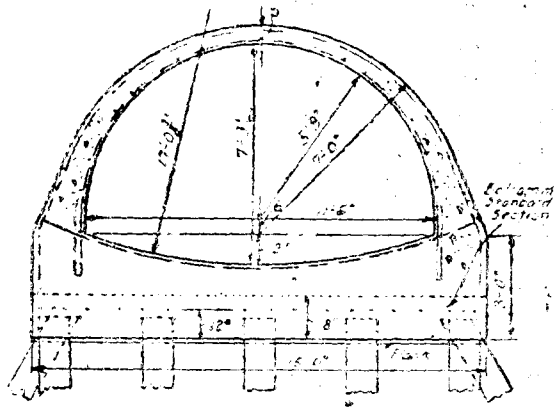
深不及頂平板時，其R亦大，故普通在設計時、頂平板之底面，應略高於最高水位。

(壬) 半圓形。如第一百五十六圖，半圓形式亦極通用，此式須較寬之漕道及較費之底部。但此式最宜用於水位較低之處。其底部之建



圖五十五百一第

圖六十五百一第



築必須特別堅固，故所用之混凝土亦較以上各式為費。除以上各種單孔式外，有時應事實上之需要，亦有用雙孔或多孔式者。

第一節 圓涵洞設計

道路上所用之涵洞，其上下游之水位差，多不甚大，

故水之向外壓力極微，可不必

計。又如涵洞管之直徑在0.50

公尺以下者，即用無鋼筋之混

凝土亦可，如第十七百五十七圖

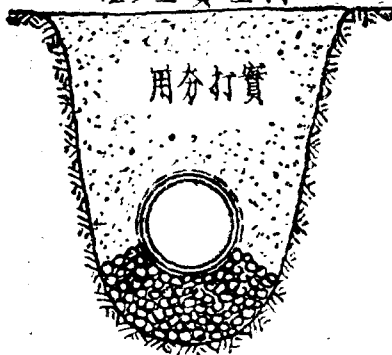
(1) 土質不良

用夯打實



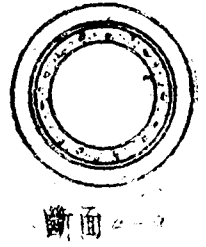
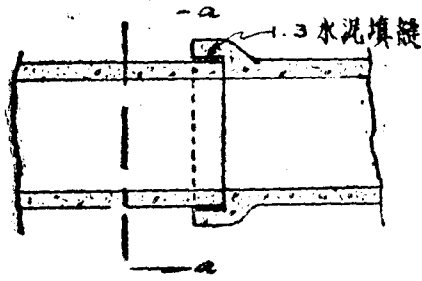
(2) 土質堅固

用夯打實



圖七十五百一第

圖八十五百一第



之(1)(2)兩式。此種無鋼筋之混凝土管，其埋設之最要條件，為圓管之四週壓力，大致均勻及相等，則管壁之厚，可用第十一章第七節(己)段中之算式求之。

無論混凝土管及鋼筋混凝土管，皆為預先製成，當埋置時

逐節套成，每節之長約自一公尺至二公尺，其接縫如一百五十八

圖。接縫間應用1:2水泥砂

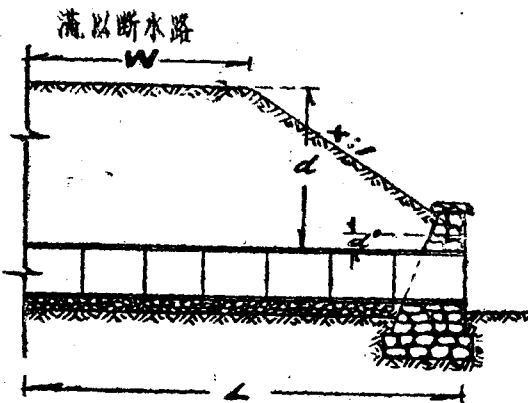
漿填滿，以斷水路。

涵洞之總長(L)，與道路之

寬(W)，兩旁之坡度(X:1)，埋置之深度(d)及d'之值

而增減，其算式為

$$L = W + 2X(d - d') \dots\dots\dots (113)$$



圖九十五百一第

涵洞管之兩端，應另築一擋牆，其斷面圖如第一百五十九圖，一方面保護涵洞之兩端，另一方面爲防止坡面之泥土，向下坍陷之用。擋牆之形式，或成一字式，或作槽式，其材料可用條石砌成，用混凝土，或鋼筋混凝土築之亦可。

若涵洞管徑在 0.50 公尺以上者，遇優良之土質，雖亦可用無鋼筋之混凝土製造，但以形體笨重，運送不便，易於毀損，故以加用鋼筋者爲妥。按通用之涵洞管埋置法如標準圖第五張剖面甲—甲，故設計管壁之厚度，可作第九十八圖之載重算式以計之，即

$$M = t \frac{1}{16} p d^2$$

若以每公尺計， $C = 45 \text{ kg/cm}^2$ ，及 $t = 1200 \text{ kg/cm}^2$ ，則

$$t = 0.03746 \sqrt{\frac{M}{100}} = 0.003746 \sqrt{M}$$

$$\text{及 } A_s = 0.0956 \frac{M}{t}$$

又因拱形作用之載重最大限度為準，則 $p = 6d^2w$ ，若泥土之重以 $1700\text{kg}/\text{m}^3$ 計，則

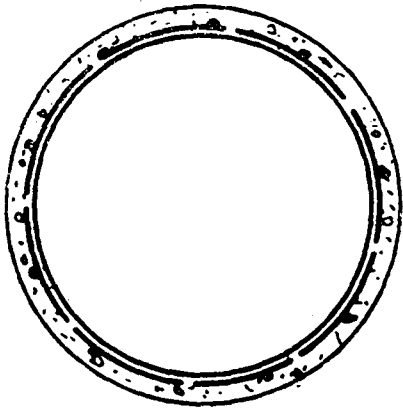
$$P = \frac{6 \times 1700}{100} d^2\text{kg}/\text{m}^2 = 102d^2\text{kg}/\text{m}$$

代入 M 算式，則 $M = 0.06375d^3$ ，式中 p 之值為公分， M 之值為 $\text{cm}\cdot\text{kg}/\text{m}$ ，由此可求各種管徑之厚度及 s 。如下表，其縱方向之鋼筋，視 t 值之厚薄而定。

d (cm)	d ³ (cm ³)	M cm·kg	管壁厚度 (cm)			應需 (cm ²)	鋼筋		縱鋼筋 用
			應需 (t)	總厚	有效厚		用 φ	鋼筋距公分	
50	12,5000	797	3.84	6.5	4.0	1.90	1/4"	15	8—1/4"
60	21,6000	1,376	4.40	7.0	4.5	2.92	1/4"	11	8—1/4"
70	34,300	2,190	5.55	8.0	5.5	3.80	1/4"	8.5	10—1/4"
80	51,200	3,260	6.77	9.5	7.0	4.45	5/16"	11	10—1/4"
90	729,000	4,645	8.08	11.0	8.5	5.23	5/16"	9.5	12—1/4"
100	1,000,000	6,375	9.46	12.0	9.5	6.40	3/8"	11	12—1/4"
120	1,728,000	11,000	12.40	15.0	12.5	8.40	3/8"	8.5	12—1/4"
140	2,744,000	17,480	15.65	18.0	15.5	9.60	7/16"	10	12—1/4"
160	4,096,000	26,060	19.20	21.5	19.0	13.10	1/2"	9.5	12—1/4"
180	5,832,000	37,150	22.80	25.0	22.0	16.13	9/16"	10	12—5/16"
200	8,000,000	51,000	26.80	30.0	27.0	18.05	5/8"	10	12—3/8"

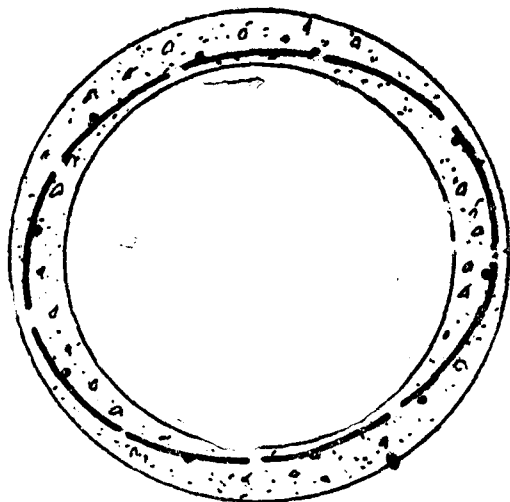
再 A B 兩點(參閱第九十八圖)之引力在管裏面，而 C D 兩點之引力在管外面，按理論而言，鋼筋之佈置，應如第一百六十圖，但預製之管，在埋置時事實上又甚不便，若 A B 與 C D 之位置對調，則所用之鋼筋，完全無用，危險之大，可以想見。故普通較小之管徑，其鋼筋之佈置，如第一百六十一

圖一十六百一第



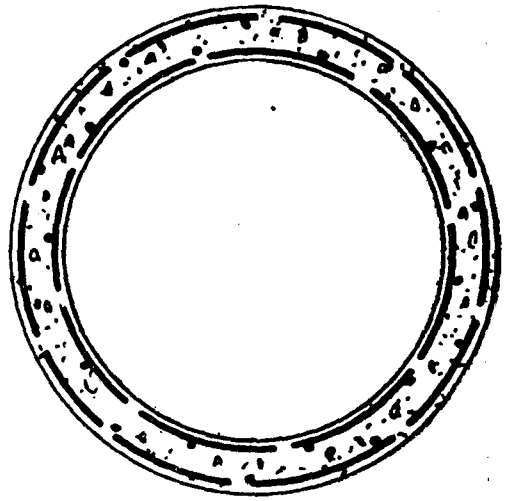
圖，因 A B 兩點之力

率，較為重要，而 B C 兩點，在計算時，圓管兩側之旁壓力未之計入，而事實上，不能完全無作用，故該兩點之力率，不如計算之大，即不設鋼筋，亦不致發生何種危險，若管徑之較大者，應用雙層鋼筋如第一百六十二圖。



圖十六百一第

圖二十六百一第



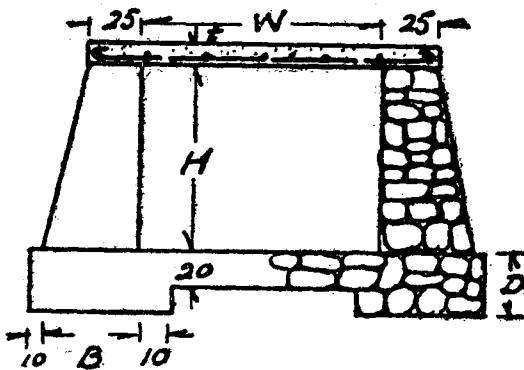
第三節 方涵洞設計

方涵洞之最簡單者，其兩側及底部，用塊石砌成，頂面用鋼筋混凝土板覆蓋之如第一百六十三圖，其兩側之石砌牆，

按土壓力之大小而計算之如翼牆之計算，

鋼筋混凝土板之計算，任取平板之寬，按其荷重而推算之，故計算之手續極便。

若 d 為填土之深如第一百五十九圖，則平板及石牆之標準尺寸如以下兩表：——



圖三十六百一第

鋼筋混凝土平板				
d	w	1.00	1.50	2.00
		1.00	T	12
	鋼筋	1/2" ϕ a 20	1/2" ϕ a 18	1/2" ϕ a 16
2.00	T	14	17	21
	鋼筋	1/2" ϕ a 18	1/2" ϕ a 16	1/2" ϕ a 14
3.00	T	16	20	25
	鋼筋	1/2" ϕ a 16	1/2" ϕ a 14	1/2" ϕ a 12

石牆尺寸表					
類別	孔寬 (W 以公尺計)				
	1.00	1.50		2.00	
H	1.00	1.00	1.50	1.50	2.00
T(條石)	10	12	12	15	15
B	50	50	65	65	80
D	25	35	35	45	45

(甲)

單位換算表

橋樑道路工程學

(a) 長度

$$1^m = 3.2809' = 39.37079''$$

$$= 1.0936 yds$$

$$1' = 0.3048^m; \quad 1'' = 2.54^{cm}$$

$$1 yd = 0.9144^m$$

附

化英寸分數為公厘數

$$1/16'' = 1.5875^{mm}$$

$$1/8'' = 3.175^{mm}$$

$$3/16'' = 4.7625^{mm}$$

$$1/4'' = 6.35^{mm}$$

$$5/16'' = 7.9375^{mm}$$

$$3/8'' = 9.525^{mm}$$

$$7/16'' = 11.1125^{mm}$$

$$1/2'' = 12.70^{mm}$$

$$9/16'' = 14.2875^{mm}$$

$$5/8'' = 15.875^{mm}$$

$$11/16'' = 17.4625^{mm}$$

$$3/4'' = 19.05^{mm}$$

$$13/16'' = 20.6375^{mm}$$

$$7/8'' = 22.225^{mm}$$

$$15/16'' = 23.8125^{mm}$$

$$1'' = 25.40^{mm}$$

錄

尺之換算表

三五九

市尺	尺(營造尺)	舊關尺	公尺	呎(英尺)	吋(英寸)	附註
10000	10417	09311	03333	10936	131234	1呎=10088-10936吋
02500	10000	08938	03200	10499	125984	1呎=3008-09144吋
10740	11187	10000	03580	11750	141000	1呎=10288-03937吋
30000	31250	27933	10000	32808	393701	1吋=25488-0762吋
09144	09525	08510	03048	10000	120000	1吋=33328-1312吋
00762	10794	00709	00254	00833	10000	1吋=32088-1259吋

里 之 換 算 表

市里	華里	公里	哩 (英里)	里 (海里)	附註
10000	08681	05000	03107	02698	1市里=1500市尺
11520	10000	05760	03579	03108	1華里=1800市尺
20000	17361	10000	06214	05396	1公里=1000公尺
32187	27940	16093	10000	08684	1英里=5280英尺
37060	32170	18532	11516	10000	1海里=6080市尺

橋樑道路工程學

(b) 面 積

$$1 m^2 = 10.7643 \text{ 呎}^2$$

$$= 1550.059 \text{ 呎}^2$$

$$= 1.1960 \text{ yds}^2$$

$$1 \text{ 呎}^2 = 929 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ 呎}^2 = 6.45 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ yd}^2 = 0.8861 \text{ m}^2$$

平 方 尺 之 換 算 表

平方市尺	平方尺	平方公尺	平方呎	附註
100000	108507	011111	119601	1平方呎=64516平方公分
092160	100000	010240	110222	=06304平方呎
900000	976562	100000	1076387	1平方呎=1196平方公分
083613	080726	008280	100000	1平方呎=0837平方公尺

平 方 里 之 換 算 表

市里	華里	公里	市里	市畝	畝	公畝	畝(英畝)	附註
1000000	0755520	0250000	0096526	3750000	4069010	25000000	617766	1市畝=60000市方尺
1327104	1000000	0331776	0128099	4976640	5400000	33177600	819236	1華畝=60000市方尺
4000000	3014082	1000000	0385102	15000000	16276042	100000000	2471040	1公畝=10000市方尺
10329252	7806436	2599904	1000000	38849822	42154754	259998011	6400000	1英畝=4356000市方尺
0002667	0002009	0000667	0000257	10000	10851	66667	01647	1公畝=10000市方尺
0002452	0001652	0000614	0000237	09216	10000	61440	01518	=1000000市方尺
0000400	0000301	0000100	0000039	01500	01628	10000	00247	1英畝=10000市方尺
0016187	0012196	0004047	0001562	60703	65867	404006	10000	

三六〇

(c) 體積

$$1^m = 35.3168 \text{ ft}^3$$

$$= 76,527.64 \text{ in}^3$$

$$= 1.3080 \text{ yd}^3$$

$$1^{m^3} = 28,315.29 \text{ cm}^3$$

$$1^{m^3} = 16.886 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ yd}^3 = 0.7645 \text{ m}^3$$

體積與容量之換算表

體			積				容				量	
立方公尺	立方尺	立方呎	立方呎	市方	營造方	英方	市升公升	舊升	英加侖	美加侖		
1.000	11304	00370	13079	001000	001130	001308	370370	357684	81512	97841		
00368	10000	00325	11573	000824	001000	001157	327820	316455	72115	86563		
270020	305175	1.0000	353144	0.27000	0.30517	0.35314	1000000	965746	220023	264170		
01346	08643	00283	10000	000764	000864	001000	283170	273022	62321	74805		
1006006	1130320	37040	1307940	1.00000	1.13040	1.30794	3703700	3577189	815123	978403		
884740	1000000	32762	1157300	000474	1.00000	1.15730	32762115	31545570	7212409	8657812		
754640	864170	28320	1000000	0.75464	0.86417	1.00000	2831997	2734752	6232100	7480500		
0.0270	0.0308	0.0010	0.0353	0.00027	0.00030	0.00035	1.0000	0.9657	0.2201	0.2642		
0.0324	0.0366	0.0012	0.0423	0.00032	0.00036	0.00042	1.0354	1.0000	0.2279	0.2735		
0.1226	0.1366	0.0045	0.1504	0.00122	0.00136	0.00160	4.5437	4.3881	1.0000	1.2003		
0.1026	0.1160	0.0036	0.1340	0.00103	0.00116	0.00134	3.7854	3.6557	0.8831	1.0000		

(d) 重量

t = 公噸； t_l = 長噸； t_s = 短噸；

$$1^t = 2.2046 \text{ t}$$

$$1^t = 0.9842 \text{ t}$$

$$= 1.1023 \text{ t}$$

$$1^t = 0.4536 \text{ t}$$

$$1^t = 1.0886 \text{ t}$$

$$1^t = 0.9503 \text{ t}$$

重量之換算表

市斤	舊斤	公斤	磅(常衡)	公噸	長噸	短噸	舊兩(兩平)
100000	083778	050000	110231	0 000508	0000492	0 000550	1340446
119363	100000	060000	131578	0 000597	0000587	0 000658	1600000
200000	167556	100000	220462	0 001000	0 000984	0 001102	2600000
090719	076002	045359	100000	0 000454	0 000446	0 000500	1216034
200000000	167556000	100000000	220462000	1 000000	0 984210	1 102310	260000000
203110560	170000000	101604160	224000000	1 016042	1 000000	1 120000	272000000
111436200	152000000	90718000	200000000	0 907200	0 892900	1 000000	243200000
00746	006250	0 03750	0 08225	0 000037	0 000007	0 000041	100000

橋樑道路工程學

水之容積與重量換算表

立方呎	磅	公升 = 公斤	立方公尺 = 公噸	長噸	短噸	英加倫	美加倫
	6242880	28317000	0028317	0027809	0031214	6252100	7480570
0016018		0453590	0000454	0000446	0000500	0009779	0119826
0035314	220462		0001000	0000984	0001102	0220003	0264170
35314400	220462000	1000000000		0 984206	1 102310	220003300	264170400
35881100	224000000	1016041600	0016041		1 120000	223504960	268410240
32036700	200000000	907185000	0907185	0 892900	1	199558000	239652000
0160654	1002210	0 545903	0000550	0000449	0000511		1 200000
0133677	834545	3705430	0003709	0003722	0004173	0033100	

(e) 長度公重

$$1 \text{ kg/m} = 0.672 \text{ #/ft} \quad \Bigg| \quad \text{#/ft} = 1.488 \text{ kg/m}$$

公長重量之換算表

由公分換成呎	由吋換成呎	由吋換成磅	由呎換成磅	由公尺換成公斤	由英里換成噸	由英里換成磅	由公里換成公噸
	391903	0005600	0067200	0100000	0177400	0158790	0100000
002551	1	0000143	0001714	0002551	0004526	0004041	0002551
17857900	70000000	1	12000000	17857900	31600000	28285700	17857900
1428160	5833330	0003333	1	1428160	2640000	2357140	1428160
1000000	3919830	0056000	0671970	1	1774000	1588090	1
563998	2209600	0091570	0378790	0 563700	1	0222860	0 563700
631342	2474750	0036350	0424240	0631340	1120000	1	0631340

三六二

(f) 面積×重

$$1^{kg}/cm^2 = 14.223 \#/\square''$$

$$1 \#/\square'' = 0.09143 \#/\square'$$

$$= 0.1023 \#/\square'$$

$$1^{kg}/m^2 = 0.2048 \#/\square'$$

$$1 \#/\square'' = 0.0708^{kg}/cm^2$$

$$1 \#/\square' = 11.7184 \#/\square''$$

$$1^{kg}/\square' = 10.2293 \#/\square''$$

$$1 \#/\square' = 4.883^{kg}/m^2$$

鋼筋及混凝土應力對照表

鋼筋

$$1500^{kg}/cm^2 = 21,334 \#/\square''$$

$$1250^{kg}/cm^2 = 17,778 \#/\square''$$

$$1200^{kg}/cm^2 = 17,067 \#/\square''$$

$$1000^{kg}/cm^2 = 14,223 \#/\square''$$

$$20,000 \#/\square'' = 1406^{kg}/cm^2$$

$$18,000 \#/\square'' = 1266^{kg}/cm^2$$

$$16,000 \#/\square'' = 1125^{kg}/cm^2$$

$$14,000 \#/\square'' = 984^{kg}/cm^2$$

$$12,000 \#/\square'' = 844^{kg}/cm^2$$

混凝土

$$70^{kg}/cm^2 = 996 \#/\square''$$

$$65^{kg}/cm^2 = 924 \#/\square''$$

$$60^{kg}/cm^2 = 853 \#/\square''$$

$$55^{kg}/cm^2 = 782 \#/\square''$$

$$50^{kg}/cm^2 = 711 \#/\square''$$

$$45^{kg}/cm^2 = 640 \#/\square''$$

$$40^{kg}/cm^2 = 569 \#/\square''$$

$$35^{kg}/cm^2 = 498 \#/\square''$$

$$1200 \#/\square'' = 84.4^{kg}/cm^2$$

$$1000 \#/\square'' = 70.3^{kg}/cm^2$$

$$900 \#/\square'' = 63.3^{kg}/cm^2$$

$$850 \#/\square'' = 59.8^{kg}/cm^2$$

$$800 \#/\square'' = 56.3^{kg}/cm^2$$

$$750 \#/\square'' = 52.7^{kg}/cm^2$$

$$700 \#/\square'' = 49.2^{kg}/cm^2$$

$$650 \#/\square'' = 45.7^{kg}/cm^2$$

$$30 \text{ kg/cm}^2 = 427 \text{ #/ft}^2$$

$$25 \text{ kg/cm}^2 = 356 \text{ #/ft}^2$$

$$20 \text{ kg/cm}^2 = 284 \text{ #/ft}^2$$

$$600 \text{ #/ft}^2 = 42.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$500 \text{ #/ft}^2 = 35.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$400 \text{ #/ft}^2 = 28.1 \text{ kg/cm}^2$$

壓力換算表

單位面積重量之換算(壓力)

每方公尺幾公斤	每方吋幾磅	每方呎幾磅	每方呎幾短噸	每方呎幾長噸	每方公尺幾公噸
1	0.001422	0.204820	0.0001024	0.0000111	0.0010000
70306705	1	144.000000	0.0720000	0.0342260	0.7030670
488341	0.000344	1	0.0005000	0.0004450	0.0048824
97648200	1.3868900	208.3200000	1	0.0003600	9.7648200
107356100	1.5550560	22.40000000	1.1200000	1	1.07356100
1000.00000	1.422190	204.800000	0.1024016	0.0214300	1

(g) 體積重量

$$1 \text{ kg/cm}^3 = 36.13 \text{ #/in}^3$$

$$1 \text{ kg/m}^3 = 0.0624 \text{ #/ft}^3$$

$$1 \text{ #/in}^3 = 0.02768 \text{ kg/cm}^3$$

$$1 \text{ #/ft}^3 = 16.0195 \text{ kg/m}^3$$

建築材料物體重量對照表

磚	100-150 #/ft ³	1600-2400 kg/m ³
花崗石	170 #/ft ³	2700 kg/m ³
大理石	170 #/ft ³	2700 kg/m ³
沙石	150 #/ft ³	2400 kg/m ³

石灰石	160 #/μ ³	2550 ^{kg} /m ³
乾沙, 乾土	100 #/μ ³	1600 ^{kg} /m ³
濕沙, 濕土	120 #/μ ³	1900 ^{kg} /μ ³
磚坊工	100-140 #/μ ³	1600-2250 ^{kg} /m ³
石坊工	110-155 #/μ ³	1750-2500 ^{kg} /m ³
混凝土	100-144 #/μ ³	1600-2800 ^{kg} /m ³
鋼筋混凝土	150 #/μ ³	2400 ^{kg} /μ ³
碎石	90-105 #/μ ³	1450-1700 ^{kg} /m ³
白松	25 #/μ ³	400 ^{kg} /m ³
杉木	25 #/μ ³	400 ^{kg} /m ³
黃松	40 #/μ ³	640 ^{kg} /m ³
白橡	50 #/μ ³	800 ^{kg} /m ³
雪(新下)	5 #/μ ³	80 ^{kg} /m ³
雪(凍實)	12 #/μ ³	190 ^{kg} /m ³
雪(濕)	50 #/μ ³	800 ^{kg} /m ³
三和土	100 #/μ ³	1600 ^{kg} /m ³
粉刷平頂	10-15 #/μ ³	50-75 ^{kg} /m ³

密 率 之 換 算 表

單位體積重量之換算(密率)							
每立方公分幾磅	每立方吋幾磅	每立方呎幾磅	每立方公尺幾公斤	每立方尺幾斤	每立方尺幾市斤	每英吋幾磅	每呎幾磅
1	0.0261500	62.4280	100000000	54.95000	740.6351	12017910	8346450
27679700	1	17280000	2767970000	1519.76144	205023537	277.274000	231030000
0016020	0.0005787	1	16.01340	087948	1.18655	0.160470	0.133680
0201095	0.000361	0.05243	1	0.05403	0.07407	0.010018	0.002345
0018293	0.000570	1.13685	18.29310	1	1.34920	0.182430	0.151706
0013513	0.0004230	0.84250	13.51341	074114	1	0.135324	0.112742
0.100780	0.0036070	625441	10078000	548341	7.39900	1	0.85100
0.119366	0.0043185	746266	1.1936600	655190	8.84201	1200300	1

橋樑道路工程學

(h) 力 率

$$1^m \cdot 29 = 7.233' \cdot \#$$

$$1' \cdot \# = 0.1333^m \cdot 29$$

(i) 安 量

$$1^m \cdot a = 0.024^m \cdot a$$

$$1^m \cdot a = 41.823^m \cdot a$$

(j) 體面係數

$$1^m \cdot m = 0.0186^m \cdot m$$

$$1^m \cdot m = 53.7608^m \cdot m$$

(k) 能 力 換 算 表

橋樑道路工程學

KILOGRAM-METERS. (Kg-m)	FOOT-POUNDS. (ft-lbs)	HORSEPOWER-HOUR		KILOWATT-HOURS (KW-h)	THERMAL UNITS	
		U.S. (H.P.-h)	METRIC (75kg-m-h)		B T U	CALORIES (Kg-cal)
1	72330	0000036630	0000037040	0000027240	0009296	0002342
01383		0000005051	0000005121	0000003766	0001285	0000324
2737450000	19900000000	1	1.0138700000	07456500000	2544650000	641240000
2700000000	19529100000	09863200000	1	07354500000	2509830000	632467000
3671230000	26554030000	13411100000	1.3597200000	1	3412660000	849975000
1075770	7781040	00003930000	00003994000	00002930000	1	0252000
4269010	30877700	00015560000	00015610000	10011630000	3262320	1

(l) 運 輸 之 換 算 表

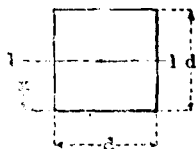
公噸—公里	長噸—英里	公噸—英里	長噸—公里	担—英里
1	0.63137	0.62140	1.01604	0.10361
158390	1	098421	1.60930	0.16435
1.60930	1.01604	1	1.63512	0.16675
098421	0.62140	0.61159	1	0.10213
0.64824	0.09710	0.98000	0.981250	1

(m) 速 率 之 換 算 表

每分鐘之速率				每小時之速率				
公尺	英尺	公尺	英尺	公里	英里	海里	英里	海里
1	328083	312507	300000	360000	223693	194254	624896	720000
030400	1	026250	091440	109728	069182	059209	190501	219466
032000	104906	1	096000	115200	071586	062062	200000	230400
023333	102951	104166	1	119999	074568	064752	206932	240000
027778	091134	068806	068334	1	062137	053989	173611	200000
044704	146667	139700	134112	160895	1	086689	279400	324870
051479	166894	160072	154437	185325	1.15155	1	321734	370500
016000	052493	050000	048000	057600	035791	031062	1	1.15200
013000	042667	043403	041667	050000	031070	026280	028910	1

(乙) 斷面形之力學個性表

SQUARE
Axis of moments through center



$$A = d^2$$

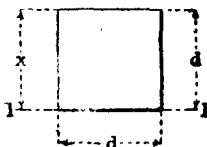
$$x = \frac{d}{2}$$

$$I_{1-1} = \frac{d^4}{12}$$

$$S_{1-1} = \frac{d^3}{6}$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{\sqrt{12}} = 0.288675d$$

SQUARE
Axis of moments on base



$$A = d^2$$

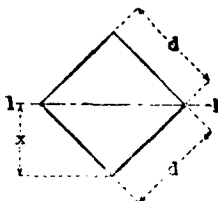
$$x = d$$

$$I_{1-1} = \frac{d^4}{3}$$

$$S_{1-1} = \frac{d^3}{3}$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{\sqrt{3}} = 0.577350d$$

SQUARE
Axis of moments on diagonal



$$A = d^2$$

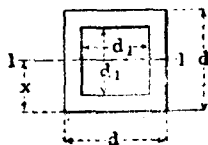
$$x = \frac{d}{\sqrt{2}} = 0.707107d$$

$$I_{1-1} = \frac{d^4}{12}$$

$$S_{1-1} = \frac{d^3}{6\sqrt{2}} = 0.117851 d^3$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{\sqrt{12}} = 0.288675d$$

HOLLOW SQUARE
Axis of moments through center



$$A = d^2 - d_1^2$$

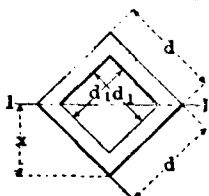
$$x = \frac{d}{2}$$

$$I_{1-1} = \frac{d^4 - d_1^4}{12}$$

$$S_{1-1} = \frac{d^3 - d_1^3}{6d}$$

$$r_{1-1} = \sqrt{\frac{d^2 + d_1^2}{12}}$$

HOLLOW SQUARE
Axis of moments on diagonal



$$A = d^2 - d_1^2$$

$$x = \frac{d}{\sqrt{2}}$$

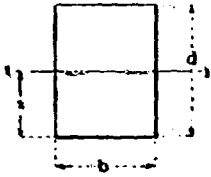
$$I_{1-1} = \frac{d^4 - d_1^4}{12}$$

$$S_{1-1} = \frac{d^3 - d_1^3}{6\sqrt{2}d} = 0.117851 \frac{d^3 - d_1^3}{d}$$

$$r_{1-1} = \sqrt{\frac{d^2 + d_1^2}{12}}$$

RECTANGLE

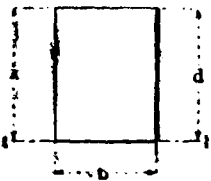
Axis of moments through center



$$\begin{aligned}
 A &= bd \\
 x &= \frac{d}{2} \\
 I_{1-1} &= \frac{bd^3}{12} \\
 S_{1-1} &= \frac{bd^2}{6} \\
 r_{1-1} &= \frac{a}{\sqrt{12}} = 0.288675a
 \end{aligned}$$

RECTANGLE

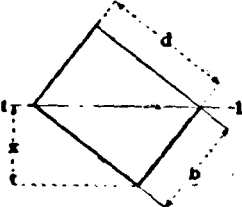
Axis of moments on base



$$\begin{aligned}
 A &= ba \\
 x &= a \\
 I_{1-1} &= \frac{bc^3}{3} \\
 S_{1-1} &= \frac{bd^2}{3} \\
 r_{1-1} &= \frac{d}{\sqrt{3}} = 0.577350a
 \end{aligned}$$

RECTANGLE

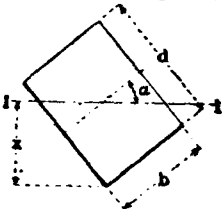
Axis of moments on diagonal



$$\begin{aligned}
 A &= bd \\
 x &= \frac{bd}{\sqrt{b^2+d^2}} \\
 I_{1-1} &= \frac{b^3 d^3}{6(b^2+d^2)} \\
 S_{1-1} &= \frac{b^2 d^2}{6\sqrt{b^2+d^2}} \\
 r_{1-1} &= \frac{bd}{\sqrt{6(b^2+d^2)}}
 \end{aligned}$$

RECTANGLE

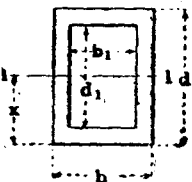
Axis of moments any line through center of gravity



$$\begin{aligned}
 A &= bd \\
 x &= \frac{b \sin \alpha + d \cos \alpha}{2} \\
 I_{1-1} &= \frac{bd(b^2 \sin^2 \alpha + d^2 \cos^2 \alpha)}{12} \\
 S_{1-1} &= \frac{bd(b^2 \sin^2 \alpha + d^2 \cos^2 \alpha)}{6(b \sin \alpha + d \cos \alpha)} \\
 r_{1-1} &= \sqrt{\frac{b^2 \sin^2 \alpha + d^2 \cos^2 \alpha}{12}}
 \end{aligned}$$

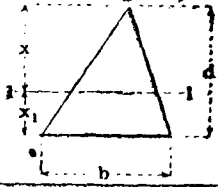
HOLLOW RECTANGLE

Axis of moments through center



$$\begin{aligned}
 A &= bd - b_1 d_1 \\
 x &= \frac{d}{2} \\
 I_{1-1} &= \frac{bd^3 - b_1 d_1^3}{12} \\
 S_{1-1} &= \frac{bd^2 - b_1 d_1^2}{6d} \\
 r_{1-1} &= \sqrt{\frac{bd^3 - b_1 d_1^3}{12(bd - b_1 d_1)}}
 \end{aligned}$$

TRIANGLE
Axis of moments through center of gravity



$$A = \frac{bd}{2}$$

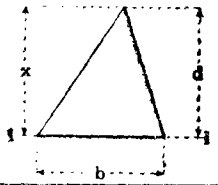
$$x = \frac{2d}{3} \quad x_1 = \frac{d}{3}$$

$$I_{1-1} = \frac{bd^3}{36}$$

$$S_{1-1} = \frac{bd^2}{24}$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{\sqrt{18}} = 0.235702d$$

TRIANGLE
Axis of moments on base



$$A = \frac{bd}{2}$$

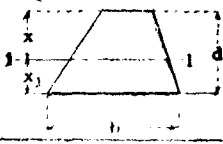
$$x = d$$

$$I_{1-1} = \frac{bd^3}{12}$$

$$S_{1-1} = \frac{bd^2}{12}$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{\sqrt{6}} = 0.408248d$$

TRAPEZOID
Axis of moments through center of gravity



$$A = \frac{d(b + b_1)}{2}$$

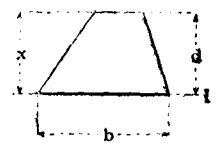
$$x = \frac{d(b_1 + 2b)}{3(b + b_1)} \quad x_1 = \frac{d(b + 2b_1)}{3(b + b_1)}$$

$$I_{1-1} = \frac{d^3(b^2 + 4bb_1 + b_1^2)}{36(b + b_1)}$$

$$S_{1-1} = \frac{d^2(b^2 + 4bb_1 + b_1^2)}{12(b + b_1)}$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{6(b + b_1)} \sqrt{2(b^2 + 4bb_1 + b_1^2)}$$

TRAPEZOID
Axis of moments on base



$$A = \frac{d(b + b_1)}{2}$$

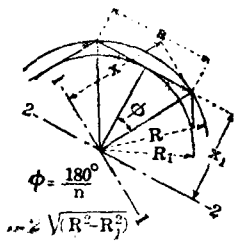
$$x = d$$

$$I_{1-1} = \frac{d^3(b + 3b_1)}{12}$$

$$S_{1-1} = \frac{d^2(b + 3b_1)}{12}$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{\sqrt{6}} \sqrt{\frac{b + 3b_1}{b + b_1}}$$

REGULAR POLYGON
Axis of moments through center



$n =$ Number of Sides

$$A = \frac{1}{2} na^2 \cot \phi = \frac{1}{2} nR^2 \sin 2\phi = nR_1^2 \tan \phi$$

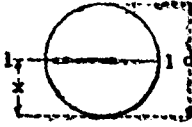
$$x = R = \frac{a}{2 \sin \phi} \quad x_1 = R_1 = \frac{a}{2 \tan \phi}$$

$$I_{1-1} = \frac{A(6R^2 - a^2)}{24} = I_{2-2} = \frac{A(12R_1^2 + a^2)}{48}$$

$$S_{1-1} = \frac{A(6R^2 - a^2)}{24R} \quad S_{2-2} = \frac{A(12R_1^2 + a^2)}{48R_1}$$

$$r_{1-1} = \sqrt{\frac{6R^2 - a^2}{24}} = r_{2-2} = \sqrt{\frac{12R_1^2 + a^2}{48}}$$

CIRCLE
Axis of moments through center



$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 0.785398 d^2$$

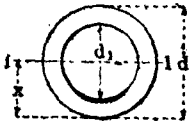
$$x = \frac{d}{2}$$

$$I_{1-1} = \frac{\pi d^4}{64} = 0.049087 d^4$$

$$S_{1-1} = \frac{\pi d^3}{32} = 0.098175 d^3$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{4}$$

HOLLOW CIRCLE
Axis of moments through center



$$A = \frac{\pi (d^2 - d_1^2)}{4} = 0.785398 (d^2 - d_1^2)$$

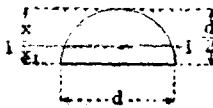
$$x = \frac{d}{2}$$

$$I_{1-1} = \frac{\pi (d^4 - d_1^4)}{64} = 0.049087 (d^4 - d_1^4)$$

$$S_{1-1} = \frac{\pi (d^3 - d_1^3)}{32d} = 0.098175 \frac{(d^3 - d_1^3)}{d}$$

$$r_{1-1} = \frac{\sqrt{d^2 + d_1^2}}{4}$$

HALF CIRCLE
Axis of moments through center of gravity



$$A = \frac{\pi d^2}{8} = 0.392699 d^2$$

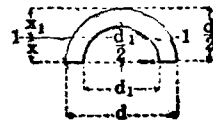
$$x = \frac{d(3\pi - 4)}{6\pi} = 0.287793d, \quad x_1 = \frac{2d}{3\pi} = 0.212207d$$

$$I_{1-1} = \frac{d^4(9\pi^2 - 64)}{1152\pi} = 0.006860 d^4$$

$$S_{1-1} = \frac{d^3(9\pi^2 - 64)}{192(3\pi - 4)} = 0.023836 d^3$$

$$r_{1-1} = \frac{d\sqrt{(9\pi^2 - 64)}}{12\pi} = 0.132168 d$$

HOLLOW HALF CIRCLE
Axis of moments through center of gravity



$$A = \frac{\pi(d^2 - d_1^2)}{8} = 0.392699 (d^2 - d_1^2)$$

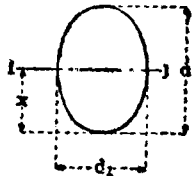
$$x = \frac{2(d^3 - d_1^3)}{3\pi(d^2 - d_1^2)}, \quad x_1 = \frac{3\pi d(d^2 - d_1^2) - 4(d^3 - d_1^3)}{6\pi(d^2 - d_1^2)}$$

$$I_{1-1} = \frac{9\pi^2(d^4 - d_1^4)(d^2 - d_1^2) - 64(d^5 - d_1^5)}{1152\pi(d^2 - d_1^2)^2}$$

$$S_{1-1} = \frac{I}{x} \text{ if } x > x_1, \quad S_{1-1} = \frac{I}{x_1} \text{ if } x_1 > x$$

$$r_{1-1} = \frac{1}{12\pi} \sqrt{\frac{9\pi^2(d^4 - d_1^4)(d^2 - d_1^2) - 64(d^5 - d_1^5)}{(d^2 - d_1^2)^3}}$$

ELLIPSE
Axis of moments through center



$$A = \frac{\pi dd_1}{4} = 0.785398 dd_1$$

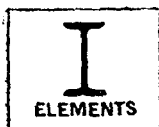
$$x = \frac{d}{2}$$

$$I_{1-1} = \frac{\pi d^3 d_1}{64} = 0.049087 d^3 d_1$$

$$S_{1-1} = \frac{\pi d^2 d_1}{32} = 0.098175 d^2 d_1$$

$$r_{1-1} = \frac{d}{4}$$

I 字 樑



BEAMS AMERICAN STANDARD

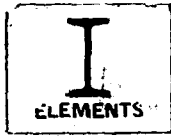


ELEMENTS OF SECTIONS

橋樑道路工程學

Section Index and Nominal Size	Depth of Beam	Weight per Foot	Area of Section	Width of Flange	Web Thickness	Axis 1-1			Axis 2-2		
						I	S	r	I	S	r
	In.	Lbs.	In. ²	In.	In.	In. ⁴	In. ³	In.	In. ⁴	In. ³	In.
B 18 21 x 7 7/8	24	120.0	35.13	8.048	.798	3010.8	250.9	9.26	84.9	21.1	1.56
		115.0	33.87	7.987	.737	2940.5	245.0	9.35	82.8	20.7	1.57
		110.0	32.18	7.925	.675	2869.1	239.1	9.44	80.6	20.3	1.58
		105.9	30.92	7.875	.625	2811.6	234.3	9.53	78.9	20.0	1.60
B 1 24 x 7	24	100.0	29.25	7.247	.747	2371.8	197.6	9.05	48.4	13.4	1.29
		95.0	27.79	7.186	.686	2301.5	191.8	9.08	47.0	13.0	1.30
		90.0	26.30	7.124	.624	2230.1	185.8	9.21	45.5	12.8	1.32
		85.0	24.84	7.063	.563	2159.8	180.0	9.33	44.2	12.5	1.33
		79.9	23.33	7.000	.500	2087.2	173.9	9.46	42.9	12.2	1.36
B 2 20 x 7	20	100.0	29.20	7.273	.873	1619.3	164.8	7.51	52.4	14.4	1.34
		95.0	27.74	7.200	.800	1599.7	160.0	7.59	50.5	14.0	1.35
		90.0	25.26	7.126	.726	1559.3	155.0	7.68	48.7	13.7	1.36
		85.0	24.80	7.053	.653	1501.7	150.2	7.78	47.0	13.3	1.38
		81.4	23.74	7.000	.600	1466.3	146.6	7.86	45.8	13.1	1.39
B 3 20 x 6 1/2	20	75.0	21.90	6.391	.641	1263.5	126.3	7.60	30.1	9.4	1.17
		70.0	20.42	6.317	.567	1214.2	121.4	7.71	28.9	9.2	1.18
		65.4	19.08	6.250	.500	1165.5	116.9	7.83	27.9	8.9	1.21
B 4 18 x 6	18	70.0	20.46	6.251	.711	917.5	101.9	6.70	24.5	7.8	1.09
		65.0	18.98	6.169	.629	877.7	97.5	6.80	23.4	7.6	1.11
		60.0	17.50	6.087	.547	837.8	93.1	6.92	22.3	7.3	1.13
		54.7	15.94	6.000	.480	793.5	88.4	7.07	21.2	7.1	1.15
B 6 15 x 6	15	75.0	21.85	6.278	.863	687.2	91.6	5.61	30.6	9.8	1.18
		70.0	20.38	6.180	.770	659.6	87.9	5.69	28.8	9.3	1.19
		65.0	18.91	6.082	.672	632.1	84.3	5.78	27.2	8.9	1.20
		60.8	17.68	6.000	.590	609.0	81.2	5.87	26.0	8.7	1.21
B 7 15 x 5 1/2	15	55.0	18.06	5.738	.648	508.7	67.8	5.63	17.0	5.9	1.03
		50.0	14.59	5.640	.550	481.1	61.2	5.74	16.0	5.7	1.05
		45.0	13.12	5.542	.452	453.6	60.5	5.86	15.0	5.4	1.07
		42.9	12.49	5.500	.410	441.8	58.9	5.95	14.6	5.3	1.08

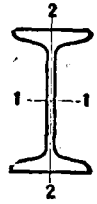
三七二



BEAMS

AMERICAN STANDARD

ELEMENTS OF SECTIONS



橋樑道路工程學

Section Index and Nominal Size	Depth of Beam	Weight per Foot	Area of Section	Width of Flange	Web Thickness	Axis 1-1			Axis 2-2		
						I	S	r	I	S	r
						In. ⁴	In. ³	In.	In. ⁴	In. ³	In.
B 8 2 x 5 1/4	12	55.0	16.04	5.600	.810	319.3	53.2	4.46	17.3	6.2	1.04
		50.0	14.57	5.477	.687	301.6	50.3	4.55	16.0	5.8	1.05
		45.0	13.10	5.355	.565	284.1	47.3	4.66	14.8	5.5	1.06
		40.8	11.84	5.250	.460	268.9	44.8	4.77	13.8	5.3	1.08
B 9 12 x 5	12	35.0	10.20	5.078	.428	227.0	37.8	4.72	10.0	3.9	0.99
		31.8	9.26	5.000	.350	215.8	36.0	4.83	9.5	3.8	1.01
B 10 10 x 4 5/8	10	40.0	11.69	5.091	.741	158.0	31.6	3.68	9.4	3.7	0.90
		35.0	10.22	4.944	.594	145.8	28.2	3.78	8.5	3.4	0.91
		30.0	8.75	4.797	.447	133.5	26.7	3.91	7.6	3.2	0.93
		25.4	7.38	4.660	.310	122.1	24.4	4.07	6.9	3.0	0.97
B 12 8 x 4	8	25.5	7.43	4.262	.532	68.1	17.0	3.03	4.7	2.2	0.80
		23.0	6.71	4.171	.441	64.2	16.0	3.09	4.4	2.1	0.81
		20.5	5.97	4.079	.349	60.2	15.1	3.15	4.0	2.0	0.82
B 13 7 x 3 3/8	7	18.4	5.34	4.000	.270	56.9	14.2	3.26	3.9	1.9	0.84
		20.0	5.53	3.860	.450	41.9	12.0	2.63	3.1	1.6	0.74
		17.5	5.09	3.755	.345	36.9	11.1	2.77	2.9	1.6	0.76
B 14 6 x 3 3/8	6	15.3	4.43	3.660	.250	36.2	10.4	2.89	2.7	1.5	0.78
		17.25	5.02	3.565	.465	26.0	8.7	2.28	2.3	1.3	0.68
		14.75	4.29	3.443	.343	23.8	7.9	2.36	2.1	1.2	0.69
B 15 5 x 3	5	12.5	3.61	3.330	.230	21.8	7.3	2.46	1.8	1.1	0.72
		14.75	4.29	3.284	.494	15.0	6.0	1.87	1.7	1.0	0.63
		12.25	3.56	3.137	.347	13.5	5.4	1.95	1.4	0.91	0.63
B 16 4 x 2 3/8	4	10.0	2.87	3.000	.210	12.1	4.8	2.05	1.2	0.82	0.65
		10.5	3.05	2.870	.400	7.1	3.5	1.52	1.0	0.70	0.57
		9.5	2.76	2.796	.326	6.7	3.3	1.56	0.91	0.65	0.58
		8.5	2.46	2.723	.253	6.3	3.2	1.60	0.83	0.61	0.58
B 17 3 x 2 3/8	3	7.7	2.21	2.680	.190	6.0	3.0	1.64	0.77	0.58	0.59
		7.5	2.17	2.509	.349	2.9	1.9	1.15	0.59	0.47	0.52
		6.5	1.88	2.411	.251	2.7	1.8	1.19	0.51	0.43	0.52
		6.7	1.64	2.330	.170	2.5	1.7	1.23	0.46	0.40	0.53

圓鋼筋面積表

直徑 (mm)	重量 (kg/m)	周長 (cm)	面積 (公位方公分)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,0247	0,6283	0,03142	0,06283	0,09425	0,12566	0,15708	0,18850	0,21991	0,25133	0,28274	0,31416
4	0,0988	1,2566	0,12566	0,25133	0,37699	0,50266	0,62832	0,75398	0,87965	1,00531	1,13098	1,25664
6	0,2219	1,8849	0,28274	0,56549	0,84823	1,13098	1,41372	1,69646	1,97921	2,26195	2,54470	2,82744
8	0,3945	2,5133	0,50268	1,00515	1,50773	2,01030	2,51288	3,01546	3,51803	4,02061	4,52318	5,02576
10	0,6165	3,1416	0,78540	1,57080	2,35620	3,14160	3,92700	4,71240	5,49780	6,28320	7,06860	7,85400
12	0,8877	3,7699	1,13098	2,26196	3,39294	4,52392	5,65490	6,78588	7,91686	9,04784	10,1788	11,3098
14	1,208	4,3982	1,59938	3,07876	4,61814	6,15752	7,69690	9,23629	10,7757	12,3150	13,8544	15,3938
16	1,578	5,0268	2,01062	4,02124	6,03186	8,04248	10,0531	12,0637	14,0744	16,0850	18,0956	20,1062
18	1,997	5,6549	2,54470	5,08940	7,63410	10,1788	12,7235	15,2682	17,8129	20,3576	22,9023	25,4470
20	2,460	6,2832	3,14160	6,28320	9,42480	12,5664	15,7080	18,8496	21,9912	25,1328	28,2744	31,4160
22	2,984	6,9115	3,60134	7,60268	11,4040	15,2054	19,0067	22,8080	26,6094	30,4107	34,2121	38,0134
24	3,551	7,5398	4,52390	9,04780	13,5717	18,0956	22,6195	27,1434	31,6673	36,1912	40,7151	45,2390
26	4,167	8,1682	5,30930	1,06186	15,9279	21,272	26,5465	31,8558	37,1651	42,4744	47,7837	53,0930
28	4,833	8,7965	6,15754	1,23151	18,4728	24,6202	30,7877	36,9452	43,1028	49,2603	55,4179	61,5754
30	5,548	9,4248	7,06860	1,41372	21,2058	28,2744	35,3430	42,4116	49,4802	56,5488	63,6174	70,6860
32	6,313	10,053	8,04250	1,60850	24,1275	32,1700	40,2125	48,2550	56,2975	64,3400	72,3825	80,4250
34	7,126	10,681	9,07922	1,81584	27,2377	36,3169	45,3961	54,4753	63,5548	72,6338	81,7130	90,7922
36	7,989	11,309	10,1788	20,3576	30,5364	40,7152	50,8940	61,0728	7,12516	81,4304	91,6092	101,788
38	8,902	11,938	11,3412	22,6824	34,0236	45,3648	56,7060	63,0472	7,93894	90,7296	102,071	115,412
40	9,863	11,566	12,5664	25,1328	37,6992	50,2656	62,8320	75,8984	8,79648	100,531	113,098	125,664
42	10,874	13,195	13,8544	27,7088	41,5632	55,4176	69,2720	83,1264	9,69808	110,835	124,690	138,544
44	11,935	13,823	15,2053	30,4106	45,6159	60,8212	76,0265	91,2318	106,437	121,643	136,848	152,053
46	13,044	14,451	16,6191	33,2382	49,8573	66,4764	83,0955	99,7146	116,334	132,953	149,572	166,191
48	14,203	15,080	18,0956	36,1912	54,2868	72,3824	90,4780	108,574	126,669	144,765	162,860	180,956
50	15,412	15,708	19,6350	39,2700	58,9050	78,5400	98,1750	117,810	137,445	157,080	176,715	196,350

(丙) 鋼筋面積表

方 鋼 筋 面 積 表

直徑 (mm)	重量 (kg/m)	周長 (cm)	面 積 (cm ²)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,0344	0,80	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40
4	0,1393	1,60	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60
6	0,2625	2,40	0,36	0,72	1,08	1,44	1,80	2,16	2,52	2,88	3,24	3,60
8	0,5023	3,20	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	4,48	5,12	5,76	6,40
10	0,7700	4,00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	1,100	4,80	1,44	2,88	4,32	5,76	7,20	8,64	10,08	11,52	12,96	14,40
14	1,503	5,60	1,96	3,92	5,88	7,84	9,80	11,76	13,72	15,68	17,64	19,60
16	2,000	6,40	2,56	5,12	7,68	10,24	12,80	15,36	17,92	20,48	23,04	25,60
18	2,543	7,20	3,24	6,48	9,72	12,96	16,20	19,44	22,68	25,92	29,16	32,40
20	3,140	8,00	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
22	3,790	8,80	4,84	9,68	14,52	19,36	24,20	29,04	33,88	38,72	43,56	48,40
24	4,521	9,60	5,76	11,52	17,28	23,04	28,80	34,56	40,32	46,08	51,84	57,60
26	5,336	10,40	6,76	13,52	20,28	27,04	33,80	40,56	47,32	54,08	60,84	67,60
28	6,234	11,20	7,84	15,68	23,52	31,36	39,20	47,04	54,88	62,72	70,56	78,40
30	7,214	12,00	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
32	8,277	12,80	10,24	20,48	30,72	40,96	51,20	61,44	71,68	81,92	92,16	102,40
34	9,423	13,60	11,56	23,12	34,84	46,24	57,80	69,36	80,92	92,48	104,04	115,60
36	10,652	14,40	12,96	25,92	38,88	51,84	64,80	77,76	90,72	103,68	116,64	129,60
38	11,964	15,20	14,44	28,88	43,32	57,76	72,20	86,64	101,08	115,52	129,96	144,40
40	13,358	16,00	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160
42	14,846	16,80	17,64	35,28	52,92	70,56	88,20	105,84	123,48	141,12	158,76	176,40
44	16,419	17,60	19,36	38,72	58,08	77,44	96,80	116,16	135,52	154,88	174,24	193,60
46	18,078	18,40	21,16	42,32	63,48	84,64	105,80	126,96	148,12	169,28	190,44	211,60
48	19,824	19,20	23,04	46,08	69,12	92,16	115,20	138,24	161,28	184,32	207,36	230,40
50	21,658	20,00	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250

圓鋼筋面積表(直徑英寸)

直徑 (")	重量 (kg/m)	周長 (cm)	面積 (cm ²)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/8	0.0626	0.9975	0.07636	0.15871	0.23806	0.31742	0.39677	0.47613	0.55548	0.63484	0.71419	0.79353
1/16	0.1401	1.4962	0.17806	0.35613	0.53419	0.71226	0.89032	1.06838	1.24645	1.42451	1.60208	1.78064
1/4	0.2490	1.8949	0.31677	0.63355	0.95032	1.26710	1.58387	1.90064	2.21742	2.53419	2.85097	3.16774
3/16	0.3891	2.4936	0.49484	0.98968	1.48451	1.97935	2.47419	2.96903	3.46387	3.95870	4.45354	4.94838
3/8	0.5606	2.9924	0.71226	1.42451	2.13677	2.84903	3.56128	4.27354	4.98580	5.69806	6.41031	7.12257
7/16	0.7619	3.4911	0.96968	1.93935	2.90903	3.87870	4.84838	5.81805	6.78773	7.75740	8.72708	9.69675
1/2	0.9959	3.9898	1.26677	2.53354	3.80031	5.06708	6.33385	7.60062	8.86739	10.1342	11.4009	12.6677
9/16	1.2598	4.4886	1.60326	3.20652	4.80978	6.41304	8.01630	9.61956	11.2228	12.8261	14.4293	16.0326
5/8	1.5550	4.9873	1.97933	3.95866	5.93799	7.91732	9.89665	11.8760	13.8553	15.8346	17.8140	19.7933
11/16	1.8815	5.4860	2.39424	4.78848	7.18272	9.57696	11.9712	14.3654	16.7597	19.1539	21.5483	23.9424
3/4	2.2393	5.9847	2.85024	5.70048	8.55072	11.4010	14.2512	17.1014	19.9517	22.8019	25.6522	28.5024
13/16	2.6285	6.4835	3.34507	6.69014	10.0352	13.3803	16.7253	20.0704	23.4155	26.7606	30.1056	33.4507
7/8	3.0474	6.9822	3.87949	7.75898	11.6385	15.5186	19.3974	23.2770	27.1564	31.0359	34.9154	38.7949
15/16	3.4992	7.4810	4.45244	8.90488	13.3573	17.807	22.2622	26.7146	31.1670	35.6195	40.0719	44.5244
1	3.9807	7.9797	5.06709	10.1342	15.2013	20.2683	25.3354	30.4025	35.4696	40.5367	45.6038	50.6709
1 1/8	5.0393	8.9771	6.41303	12.8261	19.2391	25.6521	32.0652	38.4782	44.8912	51.3042	57.7173	64.1303
1 1/4	6.2201	9.9746	7.91732	15.8346	23.7520	31.6693	39.5865	47.5039	55.4212	63.3386	71.2559	79.1739
1 3/8	7.5279	10.9720	9.57996	19.1599	28.7399	38.3198	47.8998	57.4798	67.0597	76.6397	86.2196	95.7996
1 1/2	8.9574	11.9695	11.4009	22.8019	34.2028	45.8038	57.0047	68.4057	79.8066	91.2076	102.608	114.009
1 5/8	10.5124	12.9670	13.3803	26.7606	40.1408	53.5211	66.9014	80.2817	93.6619	107.042	120.423	133.803
1 3/4	12.1927	13.9644	15.5180	31.0360	46.5538	62.0718	77.5808	93.1077	108.626	124.144	139.662	155.180
1 7/8	13.9967	14.9619	17.8140	35.6280	53.4419	71.2560	89.0699	106.881	124.693	142.512	160.320	178.140
2	15.9244	15.9594	20.2633	40.5266	60.7900	81.0533	101.317	121.580	141.843	162.107	182.370	202.633
2 1/4	20.1536	17.9700	25.6458	51.2917	76.9375	102.583	128.229	153.875	179.521	205.167	230.813	256.459
2 1/2	24.8838	19.9492	31.6611	63.3222	94.9833	126.645	158.806	189.967	221.628	253.280	284.950	316.611

方鋼筋面積表 (直徑英寸面積方英寸)

直徑 (")	重量 (#/')	周長 (")	面積 (in ²)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/8	0,053	0,5	0,0166	0,0313	0,0468	0,0625	0,0781	0,0938	0,1094	0,1250	0,1406	0,1563
3/16	0,120	0,75	0,0352	0,0703	0,1055	0,1406	0,1758	0,2109	0,2461	0,2813	0,3164	0,3516
1/4	0,212	1	0,0625	0,1250	0,1875	0,2500	0,3125	0,3750	0,4375	0,5000	0,5625	0,6250
5/16	0,332	1,25	0,0977	0,1953	0,2930	0,3906	0,4883	0,5859	0,6836	0,7813	0,8789	0,9763
3/8	0,479	1,5	0,1406	0,2813	0,4219	0,5625	0,7031	0,8438	0,9844	1,1250	1,2656	1,4063
7/16	0,651	1,75	0,1914	0,3828	0,5742	0,7656	0,9570	1,1484	1,3398	1,5313	1,7227	1,9141
1/2	0,850	2	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
9/16	1,076	2,25	0,3164	0,6328	0,9492	1,2656	1,5820	1,8984	2,2148	2,5313	2,8477	3,1641
5/8	1,327	2,5	0,3906	0,7813	1,1719	1,5625	1,9531	2,3438	2,7344	3,1250	3,5156	3,9063
11/16	1,607	2,75	0,4727	0,9453	1,4180	1,8906	2,3633	2,8359	3,3086	3,7813	4,2539	4,7266
3/4	1,913	3	0,5625	1,1250	1,6875	2,2500	2,8125	3,3750	3,9375	4,5	5,0625	5,6250
13/16	2,245	3,25	0,6502	1,3003	1,9505	2,6006	3,2508	3,9009	4,5511	5,2013	5,8514	6,5016
7/8	2,603	3,5	0,7456	1,4912	2,2369	2,9825	3,7281	4,4738	5,2194	5,9650	6,7106	7,4563
1	3,000	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 1/8	4,303	4,5	1,2656	2,5313	3,7969	5,0625	6,3281	7,5938	8,8594	10,125	11,391	12,656
1 1/4	5,313	5	1,5625	3,1250	4,6875	6,25	7,8125	9,3750	10,9375	12,5	14,063	15,625
1 3/8	6,426	5,5	1,8906	3,7813	5,6719	7,5625	9,4531	11,344	13,234	15,125	17,016	18,901
1 1/2	7,650	6	2,25	4,5	6,75	9	11,25	13,5	15,75	18	20,25	22,5
1 5/8	8,978	6,5	2,6406	5,2813	7,9219	10,563	13,203	15,844	18,484	21,125	23,766	26,406
1 3/4	10,413	7	3,0625	6,1250	9,1875	12,250	15,313	18,375	21,438	24,5	27,563	30,625
1 7/8	11,953	7,5	3,5156	7,0312	10,547	14,062	17,573	21,094	24,609	28,125	31,641	35,156

圓鋼筋面積表 (直徑英寸面積方英寸)

直徑 (")	重量 (#/')	周長 (")	面積 (in ²)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/8	0.042	0.39	0.0123	0.0246	0.0369	0.0492	0.0615	0.0738	0.0861	0.0984	0.1107	0.123
3/16	0.094	0.589	0.0276	0.0552	0.0828	0.1104	0.1380	0.1656	0.1932	0.2208	0.2484	0.276
1/4	0.167	0.783	0.0491	0.0982	0.1473	0.1964	0.2455	0.2946	0.3437	0.3928	0.4419	0.491
5/16	0.261	0.982	0.0767	0.1534	0.2301	0.3068	0.3835	0.4602	0.5369	0.6136	0.6903	0.767
3/8	0.376	1.178	0.1104	0.2208	0.3312	0.4416	0.5520	0.6624	0.7728	0.8832	0.9936	1.104
7/16	0.511	1.374	0.1503	0.3006	0.4509	0.6012	0.7515	0.9018	1.0521	1.2024	1.3527	1.503
1/2	0.668	1.571	0.1963	0.3926	0.5889	0.7852	0.9815	1.1778	1.3741	1.5704	1.7667	1.963
5/8	0.845	1.767	0.2485	0.4970	0.7455	0.9940	1.2425	1.4910	1.7395	1.9880	2.2365	2.485
3/4	1.043	1.964	0.3068	0.6136	0.9204	1.2272	1.5340	1.8408	2.1476	2.4544	2.7612	3.068
7/8	1.502	2.356	0.4418	0.8836	1.3254	1.7672	2.2090	2.6508	3.0926	3.5344	3.9762	4.418
1 1/16	1.763	2.553	0.5185	1.0370	1.5555	2.0740	2.5925	3.1110	3.6295	4.1480	4.6665	5.185
1 1/8	2.044	2.749	0.6013	1.2026	1.8039	2.4052	3.0065	3.6078	4.2091	4.8104	5.4117	6.013
1	2.670	3.142	0.7854	1.5708	2.3562	3.1416	3.9270	4.7124	5.4978	6.2832	7.0686	7.854
1 1/8	3.330	3.534	0.9940	1.9880	2.9820	3.9760	4.9700	5.9640	6.9580	7.9520	8.9460	9.940
1 1/4	4.172	3.927	1.2272	2.4544	3.6816	4.9088	6.1360	7.3632	8.5904	9.8176	11.045	12.272
1 3/8	5.042	4.320	1.4849	2.9698	4.4547	5.9396	7.4245	8.9094	10.394	11.879	13.364	14.849
1 1/2	6.063	4.712	1.7671	3.5342	5.3013	7.0684	8.8355	10.603	12.370	14.137	15.904	17.671
1 5/8	7.351	5.105	2.0739	4.1479	6.2217	8.2956	10.370	12.443	14.517	16.591	18.664	20.739
1 3/4	8.178	5.498	2.4053	4.8106	7.2159	9.6212	12.027	14.432	16.837	19.242	21.648	24.053
1 7/8	9.383	5.891	2.7612	5.5224	8.2836	11.045	13.806	16.567	19.328	22.090	24.851	27.612
2	10.681	6.283	3.1416	6.2832	9.4248	12.5664	15.708	18.850	21.991	25.133	28.274	31.415

方鋼筋面積表 (直徑英寸)

直徑 (")	重量 (kg/m)	周長 (cm)	面積 (cm ²)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/8	0,0791	1,2700	0,10081	0,20161	0,30242	0,40323	0,50403	0,60484	0,70564	0,80645	0,90726	1,00806
3/16	0,1780	1,9050	0,22661	0,45323	0,68044	0,90726	1,13407	1,36088	1,58770	1,81451	2,04133	2,26814
1/4	0,3165	2,5400	0,40323	0,80645	1,20968	1,61290	2,01613	2,41935	2,82258	3,22580	3,62903	4,03225
5/16	0,4945	3,1750	0,63004	1,26008	1,89012	2,52016	3,15020	3,78023	4,41027	5,04031	5,67035	6,30039
3/8	0,7121	3,8100	0,90726	1,81451	2,72177	3,62903	4,53628	5,44354	6,35079	7,25805	8,16531	9,07256
7/16	0,9693	4,4450	1,23488	2,46975	3,70463	4,93951	6,17440	7,40928	8,64416	9,87904	11,1139	12,3488
1/2	1,2600	5,0800	1,61290	3,22580	4,83870	6,45160	8,06450	9,67740	11,2903	12,9032	14,5161	16,1290
9/16	1,6022	5,7150	2,04132	4,08265	6,12396	8,16529	10,2066	12,2480	14,2893	16,3306	18,3719	20,4133
5/8	1,9781	6,3500	2,52016	5,04031	7,56047	10,0806	12,6008	15,1209	17,6411	20,1612	22,6814	25,2016
11/16	2,3559	6,9850	3,04892	6,09783	9,14675	12,1957	15,2446	18,2935	21,3424	24,3913	27,4402	30,4892
3/4	3,8454	7,6200	3,62903	7,26805	10,8871	14,5161	18,1451	21,7742	25,4032	29,0322	32,6612	36,2903
13/16	3,3429	8,2550	4,25906	8,51813	12,7772	17,0363	21,2953	25,5544	29,8134	34,0725	38,3316	42,5906
7/8	3,8770	8,8900	4,93951	9,87901	14,8185	19,7580	24,6975	29,6370	34,5765	39,5161	44,4555	49,3951
15/16	4,4548	9,5200	5,68891	11,3378	17,0067	22,6756	28,3445	34,0134	39,6824	45,3512	51,0201	56,6891
1	5,0639	10,160	6,46160	12,9032	19,3548	25,8064	32,2580	38,7096	45,1612	51,6128	58,0644	64,5160
1 1/8	6,4080	11,430	8,16531	16,3306	24,4959	32,6612	40,8265	48,9918	57,1571	65,3224	73,4877	81,6531
1 1/4	7,9123	12,700	1,00806	20,1613	30,2410	40,3225	50,4031	60,4838	70,5644	80,6450	90,7256	100,806
1 3/8	9,5739	13,970	12,1976	24,3951	36,5927	48,7902	60,9878	73,1856	85,3832	97,5808	109,778	121,976
1 1/2	11,394	15,240	14,5161	29,0322	43,5483	58,0644	72,5805	87,0966	101,613	116,129	130,645	145,161
1 5/8	13,372	16,510	17,0363	34,0725	51,1087	63,1450	85,1813	102,218	119,254	136,290	153,326	170,363
1 3/4	15,506	17,780	19,7580	39,5161	59,2741	79,0321	98,7901	118,548	138,306	158,065	177,822	197,580
1 7/8	17,803	19,050	22,6814	45,3628	68,0442	90,7256	113,407	136,088	158,770	181,451	204,133	226,814
2	20,276	20,320	25,8000	51,6000	77,4000	103,200	129,000	154,800	180,600	206,400	232,200	258,000
2 1/4	25,663	22,800	32,6531	65,3063	97,9594	130,613	163,266	195,919	228,572	261,225	293,878	326,531
2 1/2	31,682	25,400	40,3125	80,6250	12,0938	161,250	201,563	241,875	282,188	322,500	362,813	403,125

(丁) 篩號與孔徑對照表

篩號	孔徑	
	英寸	公厘
4		4.7502
8		2.3881
10		1.8541
16		1.1940
20		0.8640
30		0.5840
40		0.3810
50		0.3050
80		0.1780
100		0.1520
200		0.076

木料許可應力表

名	引		力		力		力		力		力		力	
	力	力	力	力	力	力	力	力	力	力	力	力	力	力
杉	750	55	80	6	1000	70	900	65	200	15	750	55	$900 \times (1 - \frac{L}{60d})$	$63 \times (1 - \frac{L}{60d})$
松	1300	5	120	1	1500	110	1500	110	350	25	1350	85	$1500 \times (1 - \frac{L}{60d})$	$105 \times (1 - \frac{L}{60d})$
杉	800	60	100	7	1500	85	1300	55	325	25	1000	70	$1000 \times (1 - \frac{L}{60d})$	$95 \times (1 - \frac{L}{60d})$
松	1300	85	200	15	1300	85	1400	100	1400	100	1150	81	$1400 \times (1 - \frac{L}{60d})$	$100 \times (1 - \frac{L}{60d})$

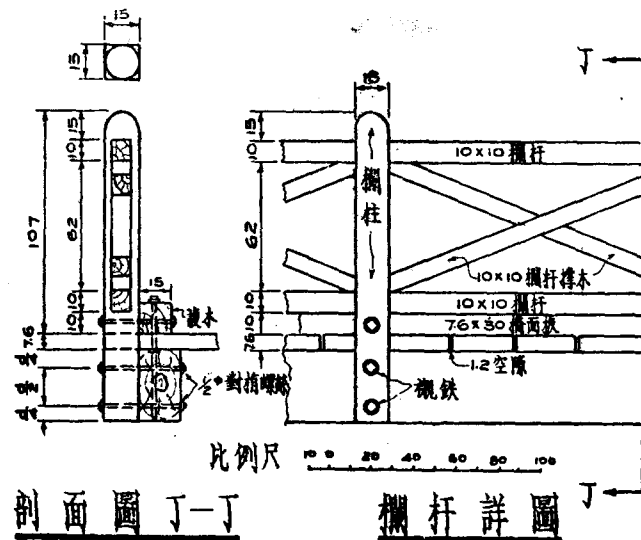
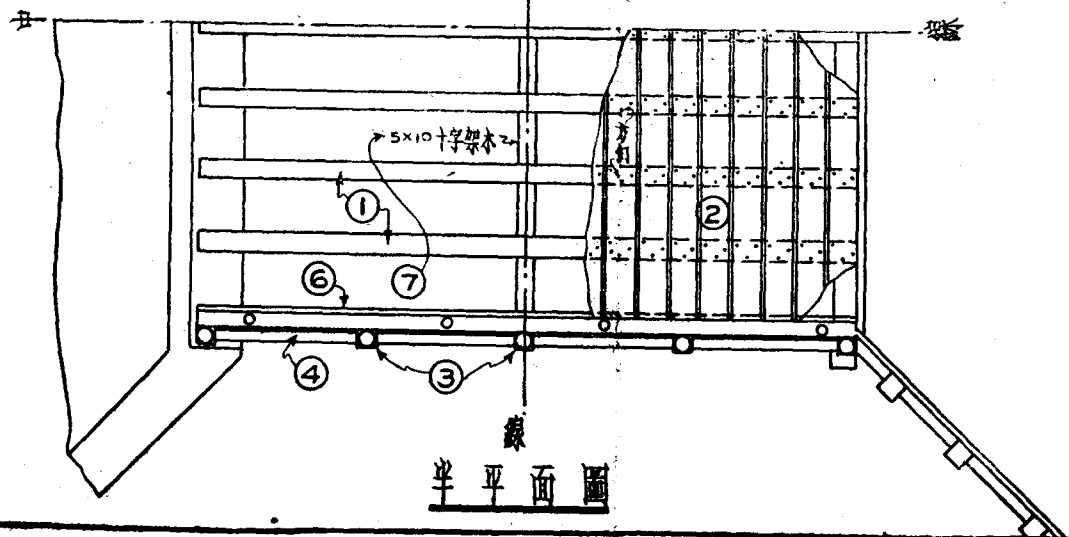
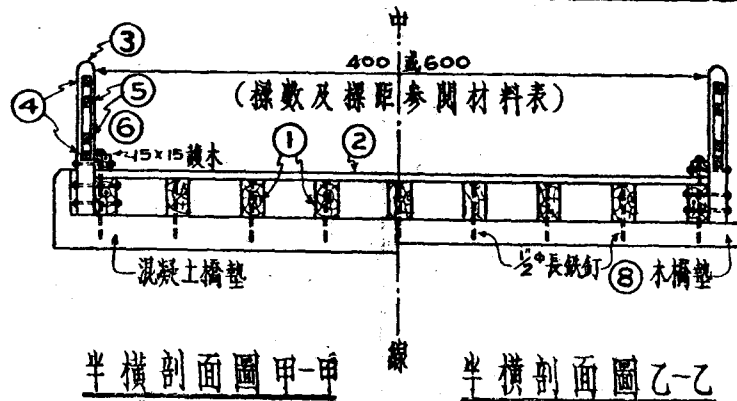
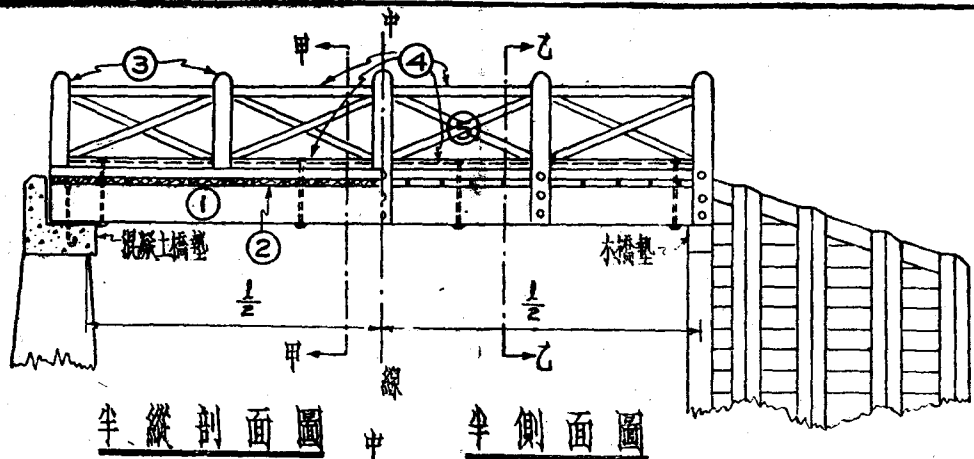
L 爲柱長 d 爲最小柱徑

許可應力表 (戊)

類	別	引		力		力		力		力		力	
		力	力	力	力	力	力	力	力	力	力	力	力
生	鐵	3,000	210	16,000	1,125	3,000	210	20,000	1,400				
熱	鐵	10,000	700	10,000	700	8,000	550	14,000	985				
鐵	鋼	16,000	1,125	16,000	1,125	11,000	770	22,000	1,540				

橋樑道路工程學

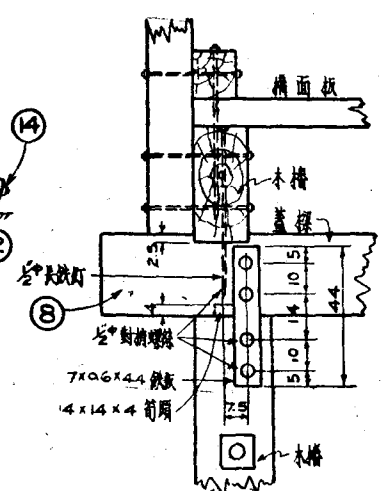
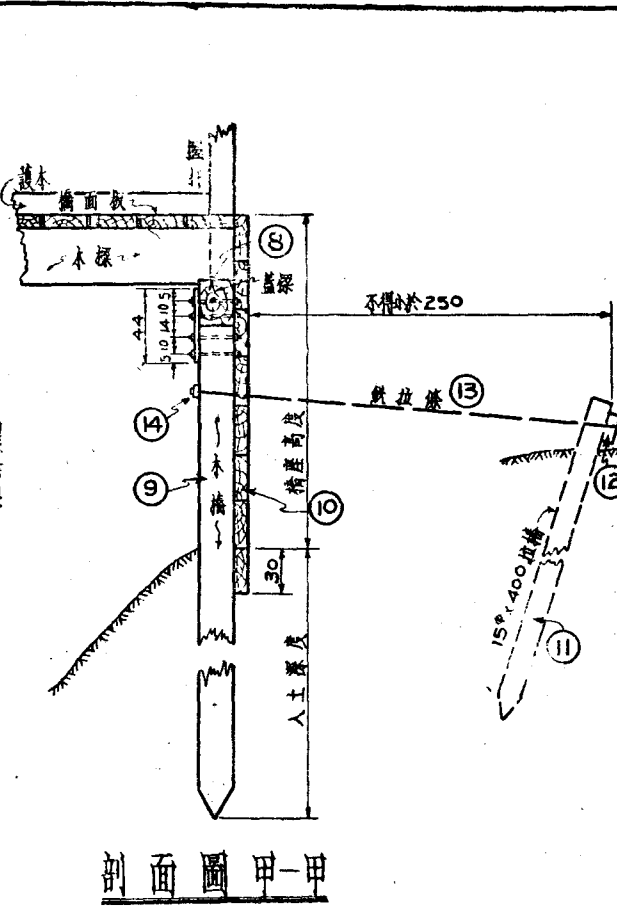
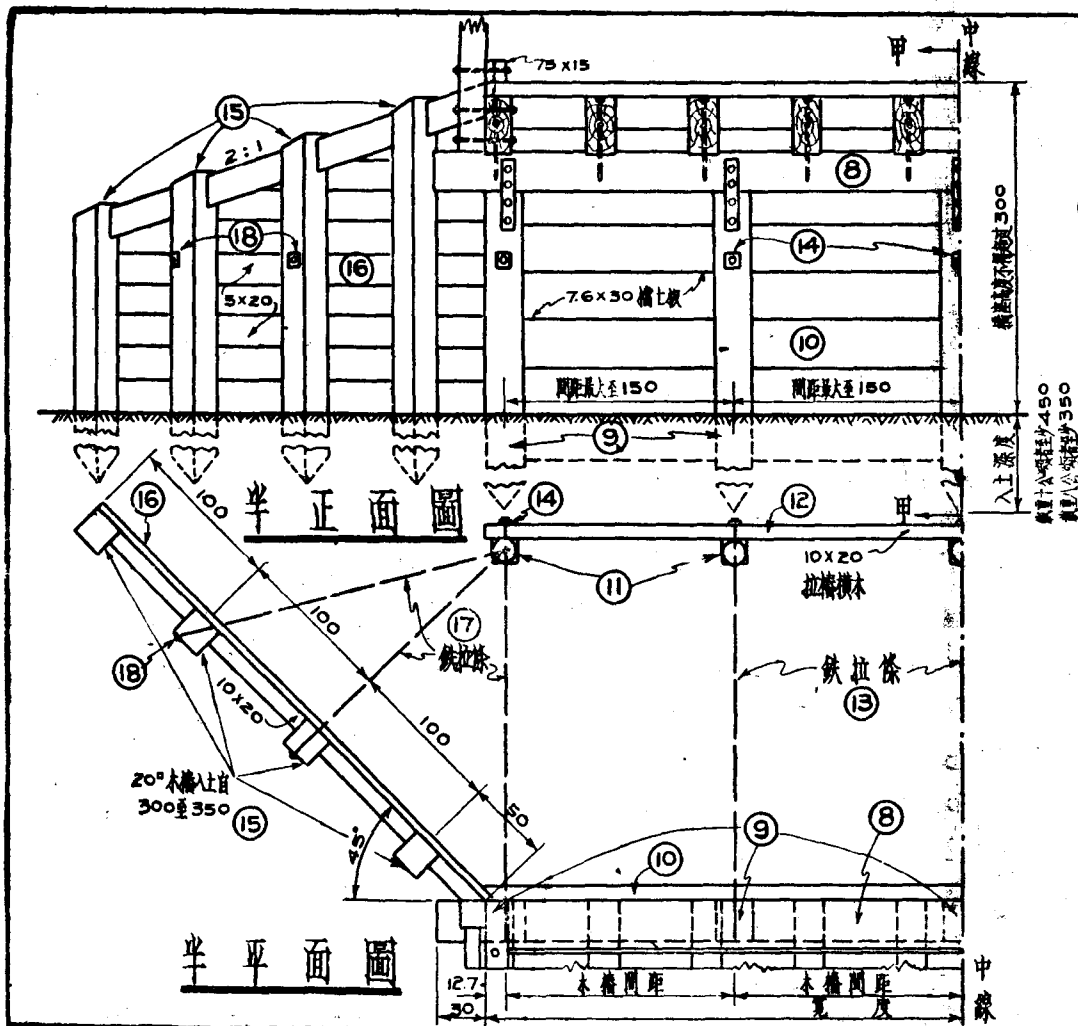
木橋橋面標準圖



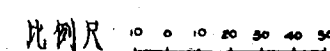
- 附註
- ① 木橋橋面材料見材料表(一)(三)
 - ② 木料除欄杆部份外均塗熟柏油二度
 - ③ 欄杆部份在護木以上均塗灰漆三度
 - ④ 載重為十公噸或八公噸
 - ⑤ 數字除註明者外均示公分

比例尺

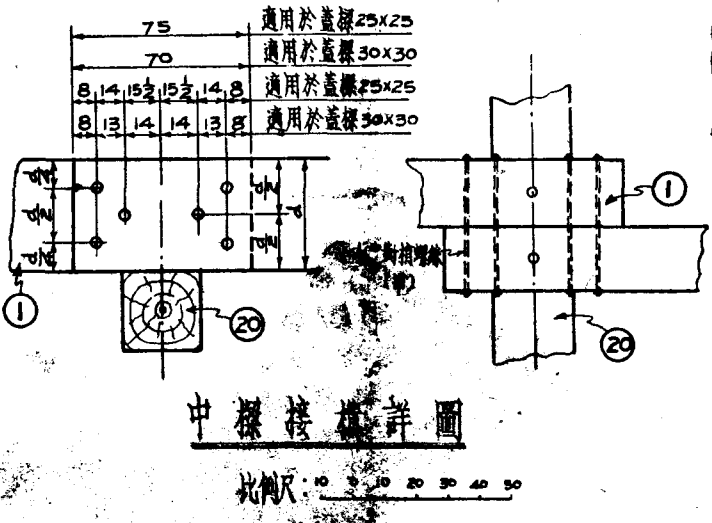
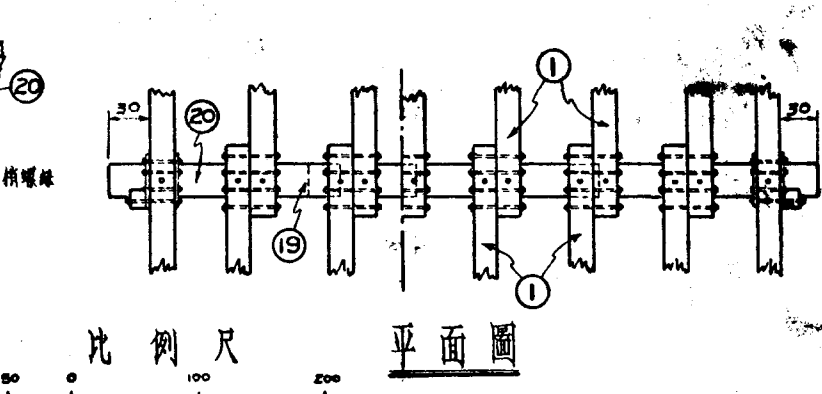
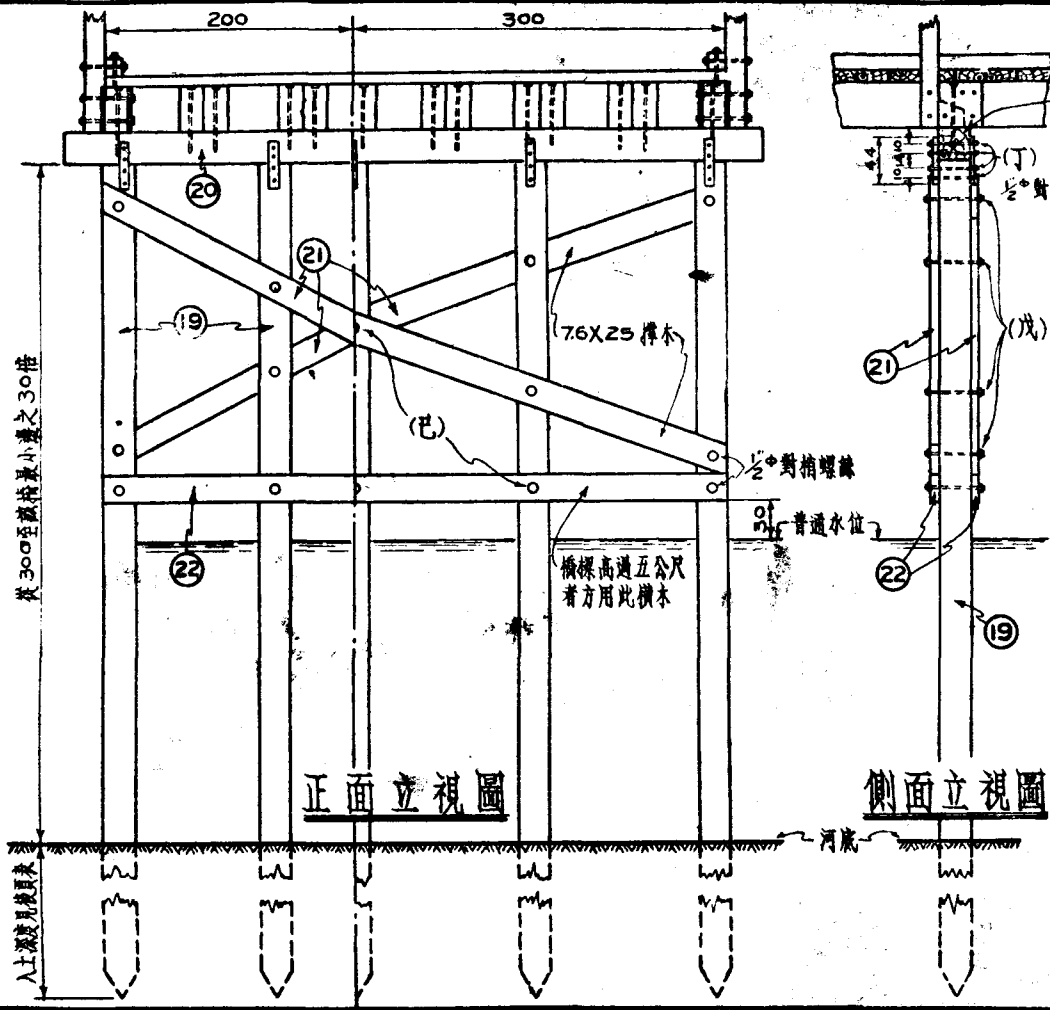




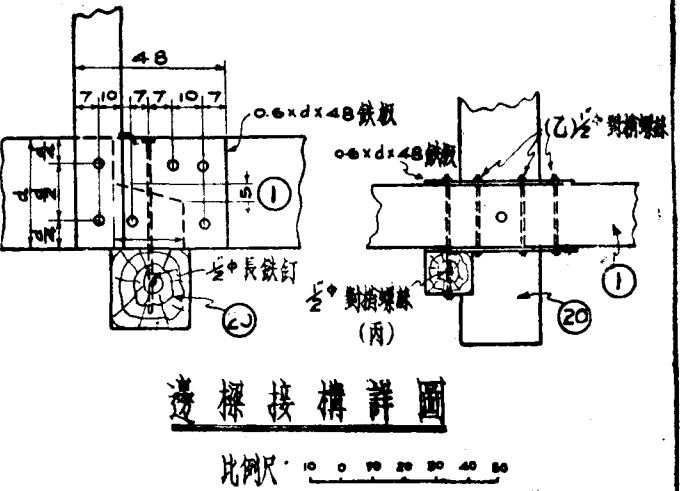
- 附註
- ① 材料一律塗熱柏油二度
 - ② 橋之入土長度須視實地情形增減之
 - ③ 橋座下層若土質惡劣須於橋土板後酌置亂石或碎磚
 - ④ 橋座高度高過三百公分者應用石質或混凝土橋座
 - ⑤ 橋墩填土過多者其翼輪應酌量加長
 - ⑥ 數字除註明者外均示公分
 - ⑦ 橋座材料表見(一)(三)



木橋橋座及翼牆標準圖

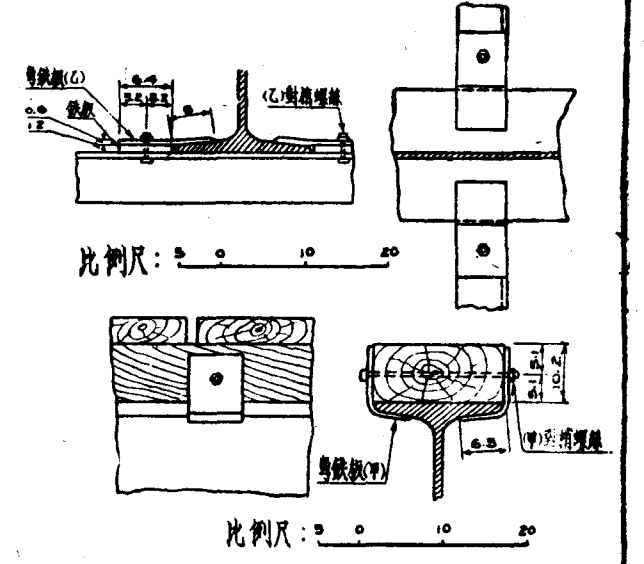
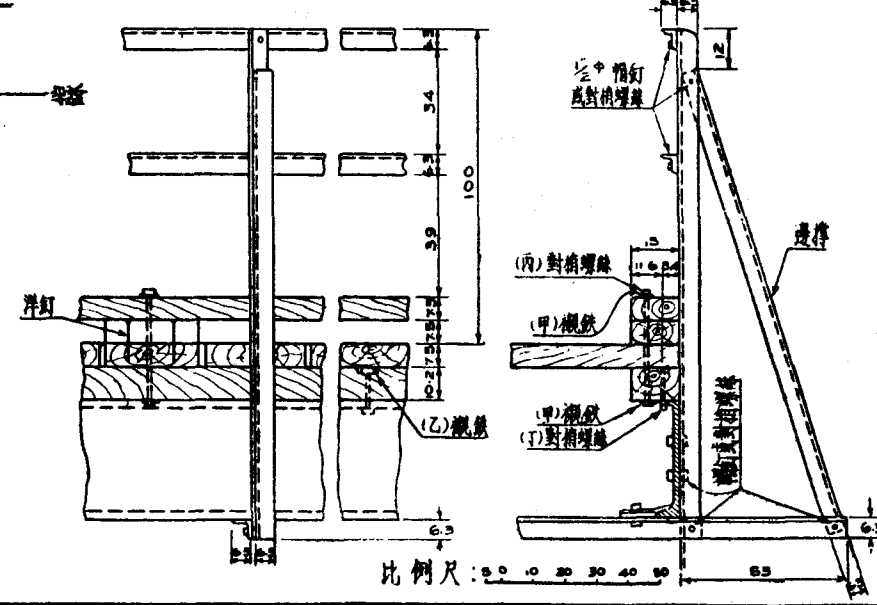
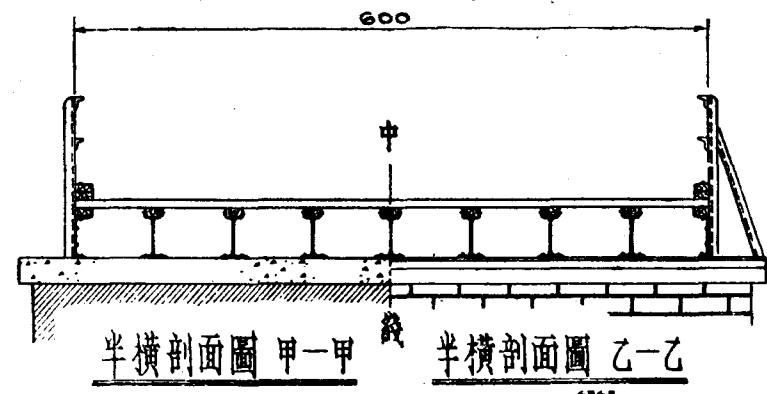
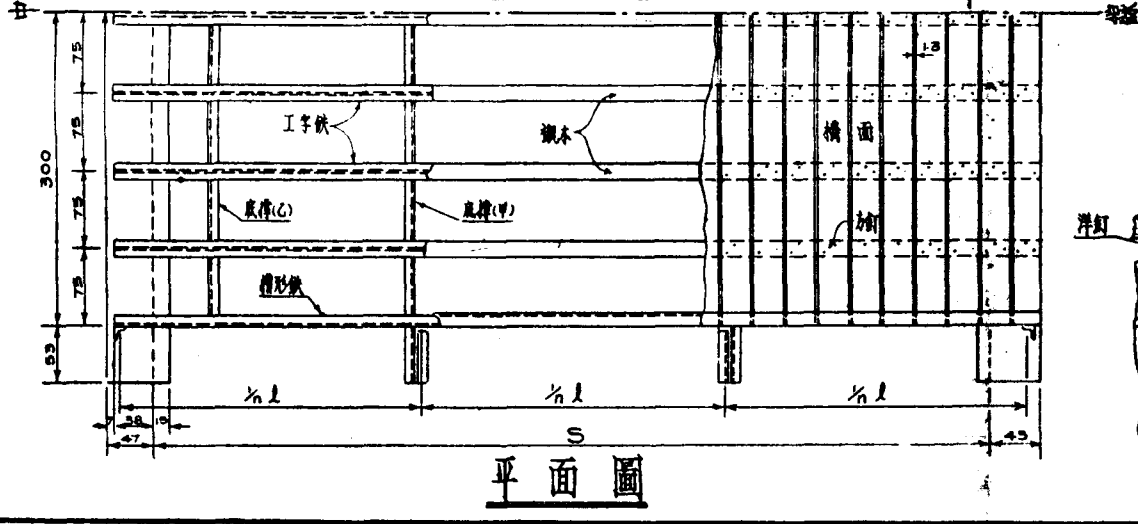
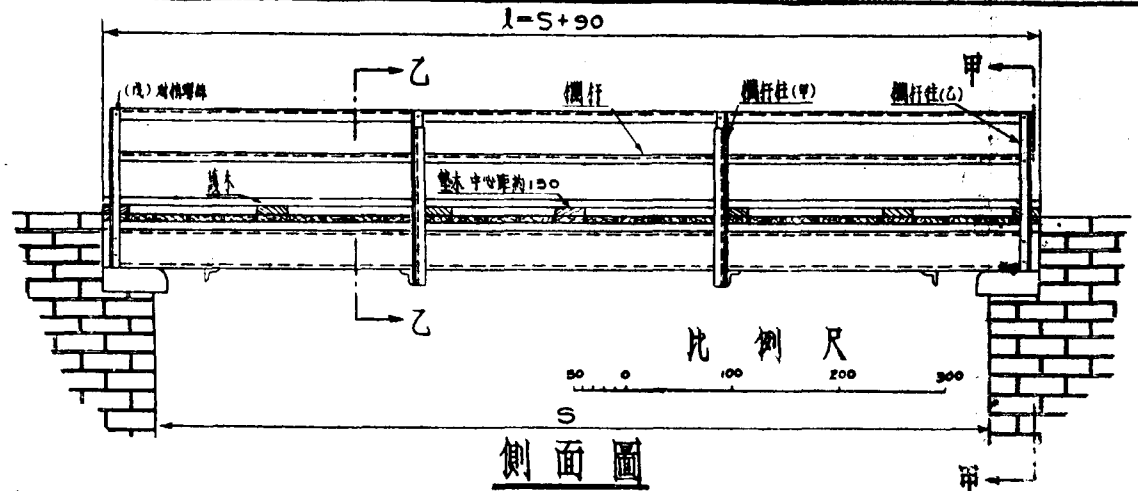


- 附註
- ① 材料一律塗熟桐油二度
 - ② 材料表見(二)(四)
 - ③ 數字除註明者外均示公分
 - ④ 凡通過船隻頻繁之橋樑一律用鐵板將橋四面包圍以資保護



木橋橋墩標準圖

木橋面工字標橋標準圖



附註

- ① 數字除註明者外均示公分
- ② 載重: 十公噸及十二公噸
- ③ 材料表見(五)(六)
- ④ n為欄杆檔數

木 橋 橋 面 材 料 表

材料表第一張

跨度	橋 樑	橋面板	欄 柱	欄 杆	欄杆撐木	護 木	剪刀撐	對 梢 螺 絲			襯鐵	長鐵釘	方釘	洋釘	木料總計	鐵料總計
	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數 量 及 尺 寸			數量及尺寸	6"長	3"長	立方公尺	公 斤	
200	9-15x30x350	10-76x30x600	6-15x15x145	8-10x10x155	8-10x10x171	2-15x15x350	16-5x10x65	12- $\frac{1}{2}$ "x38	8- $\frac{1}{2}$ "x58	6- $\frac{1}{2}$ "x38	24"x3"	18- $\frac{1}{2}$ "x51	204	17	3.452	43.3
400	10-15x30x450	13-76x30x600	"	8-10x10x205	8-10x10x218	2-15x15x450	18-5x10x58	"	"	"	"	20- $\frac{1}{2}$ "x51	27.5	19	4.592	44.0
500	9-15x36x550	17-75x30x600	8-15x15x150	12-10x10x170	12-10x10x183	2-15x15x550	32-5x10x65	16- $\frac{1}{2}$ "x41	12- $\frac{1}{2}$ "x64	8- $\frac{1}{2}$ "x38	60	18- $\frac{1}{2}$ "x56	34.7	28	6.580	66.9
600	10-18x36x650	20-76x30x600	"	12-10x10x203	12-10x10x215	2-15x15x650	36-5x10x60	"	"	"	"	20- $\frac{1}{2}$ "x56	45.4	33	8.120	78.2
700	9-20x41x750	23-76x30x600	10-15x15x155	16-10x10x177	16-10x10x189	2-15x15x750	48-5x10x66	20- $\frac{1}{2}$ "x43	16- $\frac{1}{2}$ "x69	10- $\frac{1}{2}$ "x38	76	18- $\frac{1}{2}$ "x61	47.0	44	10.112	85.6
800	10-20x41x850	26-76x30x600	"	16-10x10x202	16-10x10x215	2-15x15x850	54-5x10x60	"	"	"	"	20- $\frac{1}{2}$ "x61	59.1	48	12.084	100.4

木 橋 橋 座 材 料 表

橋 高 座 度	蓋 樑	橋 木	擋土板	拉 橋	拉橋橫木	鐵拉條	拉條襯鐵	對梢螺絲	鐵 板	洋 釘	木料總計	鐵料總計
	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	6"長(公斤)	立方公尺	公 斤
150	2-25x25x660	10-25x25x580	12-76x30x600	——	——	——	——	40- $\frac{1}{2}$ "x30	20-7x0.6x44	4.6	5.904	44.9
200	"	10-25x25x600	16-76x30x600	——	——	——	——	"	"	6.1	6.764	46.4
250	"	10-25x25x650	20-76x30x600	10-15" x 400	2-10x20x660	10- $\frac{5}{8}$ "x300	20-2 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{3}{16}$ "	"	"	7.6	8.595	100.6
300	"	10-25x25x700	22-76x30x600	"	"	10- $\frac{3}{4}$ "x300	20-3 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{1}{4}$ "	"	"	8.1	9.181	123.1

翼 牆 材 料 表

橋 高 座 度	橋 木		擋土板	鐵拉條	襯 鐵	洋釘	木料總計	鐵料總計
	數量及尺寸		5 x 20	數量及尺寸	數量及尺寸	4"長	立方公尺	公 斤
150	4-20x20x440	4-20x20x380	1.126 <small>立方公尺</small>	——	——	8.2斤	3.654	8.2
	4-20x20x410	4-20x20x350						
200	4-20x20x490	4-20x20x430	1.476	——	——	10.5	4.324	10.5
	4-20x20x460	4-20x20x400						
250	4-20x20x540	4-20x20x480	1.826	8- $\frac{5}{8}$ "x290	15-2 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{3}{16}$ "	12.8	4.994	52.2
	4-20x20x510	4-20x20x450						
300	4-20x20x640	4-20x20x580	2.176	8- $\frac{3}{4}$ "x260	16-3 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{1}{4}$ "	15.0	5.984	71.2
	4-20x20x610	4-20x20x550						

附註：— 倘橋面跨度為700或800公分橋座高度為250或300公分則蓋樑及橋木改用30公分之方木對梢螺絲改為 $\frac{1}{2}$ "x35公分木料總計增加0.200立方公尺鐵料總計增加8.7公斤

材料表 第二張

橋墩材料表

橋墩高度	橋木	蓋樑	撐木	橫木	對 稱						鐵 釘	長鐵釘	鐵 板	木料總計 (立方公尺)	鐵料總計 (公斤)	
					(甲)	(乙)	(丙)	(丁)	(戊)	(己)						
300	5-25x25x350	1-25x25x660	2-76x25x640	—	60- $\frac{1}{2}$ "x46	8- $\frac{1}{2}$ "x26	4- $\frac{1}{2}$ "x41	20- $\frac{1}{2}$ "x30	8- $\frac{1}{2}$ "x35	1- $\frac{1}{2}$ "x46	118-2 $\frac{1}{2}$ "x $\frac{1}{8}$	12- $\frac{1}{2}$ "x61	10-7x0.6x44	4-0.6x1x48	1.437	105.5
400	5-25x25x350	"	2-76x25x680	—	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1.765	"
500	5-25x25x350	"	2-76x25x790	—	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.096	"
600	5-25x25x350	"	2-76x25x890	2-18x25x640	"	"	"	"	"	6- $\frac{1}{2}$ "x46	128-2 $\frac{1}{2}$ "x $\frac{1}{8}$	"	"	"	2.606	110.2
700	5-25x25x350	"	2-76x25x670	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.927	"
800	5-30x30x750	1-30x30x660	2-76x25x870	"	"	"	"	20- $\frac{1}{2}$ "x36	8- $\frac{1}{2}$ "x43	6- $\frac{1}{2}$ "x51	"	"	"	"	4.459	115.0
900	5-30x30x750	"	2-76x25x730	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.924	"
1000	5-30x30x750	"	2-76x25x790	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	5.397	"

橋墩橋木入土部分材料表

橋樑跨度	400-400	500-500	600-600	700-700	800-800	400-500	400-600	400-700	400-800	500-600	500-700	500-800	600-700	600-800	700-800	
25x25橋木入土深度(甲)	570公分	720	840	950	1090	640	710	760	820	780	830	900	900	960	1020	
30x30橋木入土深度(乙)	520	640	750	800	940	580	630	680	730	690	740	800	790	850	900	
木料數量	(甲)	1.781	2.250	2.625	2.969	3.406	1.998	2.219	2.375	2.562	2.438	2.594	2.813	2.813	3.000	3.187
	(乙)	2.340	2.850	3.375	3.600	4.250	2.610	2.835	3.060	3.285	3.105	3.330	3.600	3.555	3.825	4.050

附註：1. 木料總計係由上兩表內木料數量各一數相加之和例如橋墩高500公分25x25橋木入土深度780公分則木料總計為2.096+2.438=4.534立方公尺。

2. 入土深度根據橋木表皮阻力每平方公尺976.5公斤即每平方英尺200磅設計涵上須優劣變更以上表皮阻力時應酌量增減之。

木橋橋面材料表

材料表 第三張

跨度	橋樑	橋面板	欄柱	欄杆	欄杆撐木	護木	剪刀撐	對梢螺絲	鋼鐵	長鐵釘	方釘	洋釘	木料總計	鐵料總計		
	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	立方公尺	公斤		
300	6-15x25x350	10-76x30x400	6-15x15x140	8-10x10x155	8-10x10x171	2-15x15x350	10-5x10x67	12- $\frac{1}{2}$ "x38	8- $\frac{1}{2}$ "x53	6- $\frac{1}{2}$ "x38	44枚	12- $\frac{1}{2}$ "x46	155	13	2.540	32.0
400	6-15x30x450	13-76x30x400	6-15x15x145	8-10x10x203	8-10x10x218	2-15x15x450	10-5x10x69	"	8- $\frac{1}{2}$ "x55	"	"	12- $\frac{1}{2}$ "x51	178	"	3.172	37.1
500	7-15x30x550	17-76x30x400	8-15x15x145	12-10x10x170	12-10x10x185	2-15x15x550	24-5x10x58	16- $\frac{1}{2}$ "x38	12- $\frac{1}{2}$ "x58	8- $\frac{1}{2}$ "x38	60	14- $\frac{1}{2}$ "x51	271	25	4.184	54.7
600	8-15x35x650	20-76x30x400	8-15x15x150	12-10x10x203	12-10x10x218	2-15x15x650	20-5x10x68	16- $\frac{1}{2}$ "x41	12- $\frac{1}{2}$ "x64	"	"	12- $\frac{1}{2}$ "x56	273	22	5.483	58.4
700	6-20x41x750	25-76x30x400	10-15x15x155	16-10x10x177	16-10x10x192	2-15x15x750	30-5x10x69	20- $\frac{1}{2}$ "x43	16- $\frac{1}{2}$ "x69	10- $\frac{1}{2}$ "x38	76	12- $\frac{1}{2}$ "x61	314	3.2	7.238	66.0
800	6-20x41x850	28-76x30x400	10-15x15x155	16-10x10x202	16-10x10x218	2-15x15x850	30-5x10x69	"	"	"	"	"	365	"	8.050	70.1

木橋橋座材料表

橋高 座度	蓋樑	橋木	擋土板	拉橋	拉橋橫木	鐵拉條	拉條總數	對梢螺絲	鐵板	洋釘	木料總計	鐵料總計
	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	數量及尺寸	立方公尺	公斤
150	2-25x25x450	8-25x25x450	12-76x30x400	---	---	---	---	12- $\frac{1}{2}$ "x30	15-7x0.6124	3.7	3.912	33.9
200	"	8-25x25x500	16-76x30x400	---	---	---	---	"	"	4.9	4.422	37.1
250	"	8-25x25x550	20-76x30x400	3-15"x400	2-10x20x450	3- $\frac{3}{8}$ "x300	16-2 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{3}{16}$ "	"	"	6.1	5.886	50.6
300	"	8-25x25x600	22-76x30x400	"	"	3- $\frac{3}{8}$ "x300	16-3 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{1}{4}$ "	"	"	6.5	6.313	41.5

翼牆材料表

橋高 座度	橋木		擋土板	鐵拉條	攔鐵	洋釘	木料總計	鐵料總計
	數量及尺寸		5x20(立方公尺)	數量及尺寸	數量及尺寸	4長(公分)	立方公尺	公斤
150	4-20x20x450	4-20x20x330	1.126	---	---	8.2	3.654	8.2
	4-20x20x510	4-20x20x350						
200	4-20x20x490	4-20x20x430	1.476	---	---	10.5	4.324	10.5
	4-20x20x460	4-20x20x400						
250	4-20x20x540	4-20x20x480	1.826	3- $\frac{3}{8}$ "x230	16-2 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{3}{16}$ "	12.8	4.994	52.2
	4-20x20x510	4-20x20x450						
300	4-20x20x640	4-20x20x580	2.176	3- $\frac{3}{4}$ "x230	16-3 $\frac{3}{4}$ "x $\frac{1}{4}$ "	15.0	5.984	71.2
	4-20x20x610	4-20x20x550						

材料表 第四張

橋 墩 材 料 表

橋墩高度	橋木	蓋樑	撐木	橫木	對 梢 螺 絲						觀 鉄	長鉄釘	鉄 板	木料數量 (立方公尺)	鉄料數量 (公斤)	
					(甲)	(乙)	(丙)	(丁)	(戊)	(己)						
300	4-25x25x250	1-25x25x460	2-76x25x450	—	24- $\frac{1}{2}$ "x46	8- $\frac{1}{2}$ "x26	4- $\frac{1}{2}$ "x41	16- $\frac{1}{2}$ "x30	8- $\frac{1}{2}$ "x38	—	68-2 $\frac{1}{4}$ "x $\frac{1}{8}$ "	10- $\frac{1}{2}$ "x61	8-7x10.5x44	4-0.6x4x48	1.387	82.5
400	4-25x25x350	"	2-76x25x510	—	"	"	"	"	"	—	"	"	"	"	1.356	"
500	4-25x25x450	"	2-76x25x580	—	"	"	"	"	"	—	"	"	"	"	1.633	"
600	4-25x25x550	"	2-76x25x470	2-76x25x400	"	"	"	"	"	4- $\frac{1}{2}$ "x46	76-2 $\frac{1}{4}$ "x $\frac{1}{8}$ "	"	"	"	1.993	86.7
700	4-25x25x650	"	2-76x25x500	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.254	"
800	4-30x30x750	1-30x30x460	2-76x25x530	"	"	"	"	16- $\frac{1}{2}$ "x36	8- $\frac{1}{2}$ "x43	4- $\frac{1}{2}$ "x51	"	"	"	"	3.467	91.9
900	4-30x30x850	"	2-76x25x580	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3.839	"
1000	4-30x30x950	"	2-76x25x600	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.214	"

橋 墩 橋 木 入 土 部 分 材 料 表

橋樑跨度	400-400	500-500	600-600	700-700	800-800	400-500	400-600	400-700	400-800	500-600	500-700	500-800	600-700	600-800	700-800
25x25橋木入土深度(甲)	500	620	740	870	1000	580	640	700	750	690	750	810	810	860	930
30x30橋木入土深度(乙)	460	560	630	750	850	530	570	630	670	620	670	710	720	760	820
木料數量	(甲)	1.252	1.552	1.852	2.176	2.500	1.450	1.600	1.750	1.875	1.725	1.875	2.025	2.025	2.150
	(乙)	1.656	2.016	2.268	2.700	3.060	1.908	2.052	2.268	2.412	2.232	2.412	2.556	2.592	2.736

- 附註
1. 木料總計係由上兩表內木料數量各一數相加之和例如橋墩高900公分30x30橋木入土深度750公分則木料總計為 $3.839 + 2.700 = 6.539$ 立方公尺。
 2. 入土深度根據木橋表皮阻力每平方公尺976.5公斤即每平方英尺200磅設計倘土質優劣變更以上表皮阻力時應酌量增減之。

木橋面工字樑橋樑材料表 (載重十公噸)

材料表 第五張

跨 度		七 公 尺	八 公 尺	九 公 尺	十 公 尺	十 一 公 尺	十 二 公 尺	
鐵 料 (整料)	工 字 樑	7-12"X 31.8# X 776	7-15"X 37.3# X 876	7-15"X 37.3# X 976	7-15"X 42.9# X 1076	7-15"X 45.0# X 1176	7-18"X 45.2# X 1276	
	槽 形 樑	2-12"X 20.7# X 776	2-15"X 33.9# X 876	2-15"X 33.9# X 976	2-15"X 33.9# X 1076	2-15"X 33.9# X 1176	2-18"X 42.7# X 1276	
	欄 杆 柱	4-L2½"X 2½"X ½"X 776	4-L2½"X 2½"X ½"X 876	4-L2½"X 2½"X ½"X 976	4-L2½"X 2½"X ½"X 1076	4-L2½"X 2½"X ½"X 1176	4-L2½"X 2½"X ½"X 1276	
	邊 撐	(甲)	4-L2½"X 2½"X ½"X 151.8	4-L2½"X 2½"X ½"X 159.4	6-L2½"X 2½"X ½"X 159.4	6-L2½"X 2½"X ½"X 159.4	8-L2½"X 2½"X ½"X 167.0	8-L2½"X 2½"X ½"X 167.0
		(乙)	4-L3½"X 2½"X ½"X 145.5	4-L3½"X 2½"X ½"X 153.1	4-L3½"X 2½"X ½"X 153.1	4-L3½"X 2½"X ½"X 153.1	4-L3½"X 2½"X ½"X 153.1	4-L3½"X 2½"X ½"X 153.1
	底 撐	(甲)	2-L2½"X 2½"X ½"X 706	2-L2½"X 2½"X ½"X 706	3-L2½"X 2½"X ½"X 706	3-L2½"X 2½"X ½"X 706	4-L2½"X 2½"X ½"X 706	4-L2½"X 2½"X ½"X 706
		(乙)	2-L2½"X 2½"X ½"X 612.6	2-L2½"X 2½"X ½"X 612.6	2-L2½"X 2½"X ½"X 612.6	2-L2½"X 2½"X ½"X 612.6	2-L2½"X 2½"X ½"X 612.6	2-L2½"X 2½"X ½"X 612.6
	彎 鐵 板	(甲)	112-6.4X 16.5 X 0.6	126-6.4X 16.5 X 0.6	140-6.4X 16.5 X 0.6	154-6.4X 16.5 X 0.6	168-6.4X 16.5 X 0.6	182-6.4X 16.5 X 0.6
		(乙)	64-6.4X 11.4 X 0.6	64-6.4X 11.4 X 0.6	80-6.4X 11.4 X 0.6	80-6.4X 11.4 X 0.6	96-6.4X 11.4 X 0.6	96-6.4X 11.4 X 0.6
	鐵 板		64-6.4X 6.4 X 1.2	64-6.4X 6.4 X 1.2	80-6.4X 6.4 X 1.2	80-6.4X 6.4 X 1.2	96-6.4X 6.4 X 1.2	96-6.4X 6.4 X 1.2
鐵 料 (零件)	對 銷 螺 絲	(甲)	56-½"φ X 18	63-½"φ X 23	70-½"φ X 25	77-½"φ X 19	84-½"φ X 24	91-½"φ X 24
		(乙)	64-½"φ X 7	64-½"φ X 7	80-½"φ X 7	80-½"φ X 7	96-½"φ X 7	96-½"φ X 7
		(丙)	12-½"φ X 35	14-½"φ X 35	16-½"φ X 35	16-½"φ X 35	18-½"φ X 35	20-½"φ X 35
		(丁)	10-½"φ X 11	12-½"φ X 11	14-½"φ X 11	14-½"φ X 11	16-½"φ X 11	18-½"φ X 11
		(戊)	16-½"φ X 6	16-½"φ X 6	20-½"φ X 6	20-½"φ X 6	24-½"φ X 6	24-½"φ X 6
	帽 釘 (或 對 銷 螺 絲)		28-½"φ X 5	28-½"φ X 5	42-½"φ X 5	42-½"φ X 5	56-½"φ X 5	56-½"φ X 5
襯 鐵	(甲)	24-2"X 2"X ½"	28-2"X 2"X ½"	32-2"X 2"X ½"	32-2"X 2"X ½"	36-2"X 2"X ½"	40-2"X 2"X ½"	
	(乙)	10-2"X 2"X ½"	12-2"X 2"X ½"	14-2"X 2"X ½"	14-2"X 2"X ½"	16-2"X 2"X ½"	18-2"X 2"X ½"	
方 洋 釘		675 — 6"	756 — 6"	864 — 6"	945 — 6"	1026 — 6"	1107 — 6"	
橋 面 板		24 — 5"	28 — 5"	32 — 5"	32 — 5"	36 — 5"	40 — 5"	
木 料	橋 面 板	25-30.5 X 7.5 X 612.6	28-30.5 X 7.5 X 612.6	32-30.5 X 7.5 X 612.6	35-30.5 X 7.5 X 612.6	38-30.5 X 7.5 X 612.6	41-30.5 X 7.5 X 612.6	
	襯 木 (樑 上)	9-12.7 X 10.2 X 786	9-17.8 X 10.2 X 886	9-17.8 X 10.2 X 986	9-14 X 10.2 X 1086	9-19.1 X 10.2 X 1186	9-19.1 X 10.2 X 1286	
	護 木	2-15 X 7.5 X 786	2-15 X 7.5 X 886	2-15 X 7.5 X 986	2-15 X 7.5 X 1086	2-15 X 7.5 X 1186	2-15 X 7.5 X 1286	
	墊 木 (護 木 下)	12-15 X 7.5 X 30.5	14-15 X 7.5 X 30.5	16-15 X 7.5 X 30.5	16-15 X 7.5 X 30.5	18-15 X 7.5 X 30.5	20-15 X 7.5 X 30.5	
欄 杆 擋 數		3	3	4	4	5	5	

跨 度	七 公 尺	八 公 尺	九 公 尺	十 公 尺	十 一 公 尺	十 二 公 尺
工字及槽形樑	3054.2 公斤	4321.5 公斤	4785.9 公斤	5905.2 公斤	6698.6 公斤	8023.2 公斤
角 鐵	464.6 "	494.8 "	580.4 "	624.3 "	738.3 "	763.0 "
鐵 板	102.6 "	109.6 "	128.8 "	135.8 "	152.5 "	160.8 "
鐵 料 零 件	76.9 "	87.2 "	102.6 "	107.9 "	123.5 "	133.2 "
鐵 料 總 重	3698.3 "	5033.1 "	5597.7 "	6773.2 "	7713.9 "	9100.4 "
木 料 體 積	4.64 立方公尺	5.62 立方公尺	6.37 立方公尺	6.60 立方公尺	7.73 立方公尺	8.36 立方公尺

木橋面工字樑橋樑材料表 (載重十二公噸)

跨 度		七公尺	八公尺	九公尺	十公尺	十一公尺	十二公尺	
鐵 料 (整料)	工 字 樑	7-15"X37.3" X 776	7-15"X37.3" X 876	7-15"X42.9" X 916	7-18"X48.2" X 1076	7-18"X48.2" X 1176	7-18"X48.2" X 1276	
	槽 形 樑	2-15"X33.9" X 776	2-15"X33.9" X 876	2-15"X33.9" X 976	2-18"X42.7" X 1076	2-18"X42.7" X 1176	2-18"X42.7" X 1276	
	欄 杆	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 776	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 876	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 976	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 1076	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 1176	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 1276	
	底 撐	(甲)	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 159.4	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 159.4	6-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 159.4	6-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 157.0	8-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 150.7	8-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 157.0
		(乙)	4-L3 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 153.1	4-L3 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 153.1	4-L3 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 153.1	4-L3 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 150.7	4-L3 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 150.7	4-L3 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 150.7
	鐵 板	(甲)	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 706	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 706	3-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 706	3-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 706	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 706	4-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 706
		(乙)	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 612.6	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 612.6	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 612.6	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 612.6	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 612.6	2-L2 $\frac{1}{2}$ "X2 $\frac{1}{2}$ "X $\frac{1}{4}$ " X 612.6
	鐵 板	(甲)	112-6.4 X 16.5 X 0.6	126-6.4 X 16.5 X 0.6	140-6.4 X 16.5 X 0.6	154-6.4 X 16.5 X 0.6	168-6.4 X 16.5 X 0.6	182-6.4 X 16.5 X 0.6
		(乙)	64-6.4 X 11.4 X 0.6	64-6.4 X 11.4 X 0.6	80-6.4 X 11.4 X 0.6	80-6.4 X 11.4 X 0.6	96-6.4 X 11.4 X 0.6	96-6.4 X 11.4 X 0.6
	鐵 料 (零件)	對 梢 螺 絲	(甲)	56- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 23	63- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 23	70- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 19	77- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 24	84- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 24
(乙)			64- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 7	64- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 7	80- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 7	80- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 7	96- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 7	96- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 7
(丙)			12- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 35	14- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 35	16- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 35	16- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 35	18- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 35	20- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 35
(丁)			10- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 11	12- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 11	14- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 11	14- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 11	16- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 11	18- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 11
(戊)			16- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 6	16- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 6	20- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 6	20- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 6	24- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 6	24- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 6
帽 釘 (或對梢螺絲)		28- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 5	28- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 5	42- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 5	42- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 5	56- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 5	56- $\frac{1}{2}$ " ϕ X 5	
襯 鐵		(甲)	24-2 $\frac{1}{4}$ " ϕ X $\frac{1}{8}$ "	28-2 $\frac{1}{2}$ " ϕ X $\frac{1}{8}$ "	32-2 $\frac{1}{2}$ " ϕ X $\frac{1}{8}$ "	32-2 $\frac{1}{2}$ " ϕ X $\frac{1}{8}$ "	36-2 $\frac{1}{2}$ " ϕ X $\frac{1}{8}$ "	40-2 $\frac{1}{2}$ " ϕ X $\frac{1}{8}$ "
		(乙)	10-2" X 2" X $\frac{1}{8}$ "	12-2" X 2" X $\frac{1}{8}$ "	14-2" X 2" X $\frac{1}{8}$ "	14-2" X 2" X $\frac{1}{8}$ "	16-2" X 2" X $\frac{1}{8}$ "	18-2" X 2" X $\frac{1}{8}$ "
方 釘		675 — 6"	756 — 6"	864 — 6"	945 — 6"	1026 — 6"	1107 — 6"	
洋 釘		24 — 5"	28 — 5"	32 — 5"	32 — 5"	36 — 5"	40 — 5"	
木 料	橋 面 板	25-30.5 X 7.5 X 612.6	28-30.5 X 7.5 X 612.6	32-30.5 X 7.5 X 612.6	35-30.5 X 7.5 X 612.6	38-30.5 X 7.5 X 612.6	41-30.5 X 7.5 X 612.6	
	襯 木 (樑上)	9-17.8 X 10.2 X 786	9-17.8 X 10.2 X 886	9-14 X 10.2 X 986	9-19.1 X 10.2 X 1086	9-19.1 X 10.2 X 1186	9-19.1 X 10.2 X 1286	
	覆 木	2-15 X 7.5 X 786	2-15 X 7.5 X 886	2-15 X 7.5 X 986	2-15 X 7.5 X 1086	2-15 X 7.5 X 1186	2-15 X 7.5 X 1286	
	墊 木 (護木下)	12-15 X 7.5 X 30.5	14-15 X 7.5 X 30.5	16-15 X 7.5 X 30.5	18-15 X 7.5 X 30.5	18-15 X 7.5 X 30.5	20-15 X 7.5 X 30.5	
欄 杆 檔 數	3	3	4	4	5	5		

跨 度	七公尺	八公尺	九公尺	十公尺	十一公尺	十二公尺
工字及槽形樑	3805.2 公斤	4341.5 公斤	5356.3 公斤	6782.6 公斤	7413.0 公斤	8043.4 公斤
角 鐵	470.4 公斤	494.8 公斤	580.4 公斤	631.8 公斤	738.6 公斤	763.0 公斤
鐵 板	102.6 公斤	109.6 公斤	128.8 公斤	135.8 公斤	153.5 公斤	160.8 公斤
鐵料零件	78.7 公斤	87.2 公斤	100.1 公斤	111.5 公斤	123.5 公斤	133.2 公斤
鐵料總重	4456.9 公斤	5033.1 公斤	6165.6 公斤	7661.8 公斤	8429.6 公斤	9100.4 公斤
木料體積	5.00 立方公尺	5.62 立方公尺	5.92 立方公尺	7.12 立方公尺	7.75 立方公尺	8.56 立方公尺

勘 誤 表

頁數	行數	字數	誤	刊	更	正
9	4	19-24	及車輪之速度		六字	刪去
9	5				尺寸下加「轉動之速度，」	一句
10	5		=0.06		0.06	
10	6	9	(F) = 0.07		(F) 約 = 0.07	
13	8	23	鉄		鋼	
14		第一圖			CD斜線上加一「R」字	
15			土瀝青路		地瀝青路	
17	4		$R = 1 \times 99$		$R = 1 \times 90$	
29		第四圖	「R」及「R-M」		「Y」及「Y-M」	
21	1		- 2 YM		- 2YM	
26			$\times = \angle + T$		$\times = \angle + I$	
29	5	9	坡		舖	
31	2	23	者		等	
33		第二十圖			虛線應排成水平	
33	2		第十一圖○。		第十一圖。	
36	5	3	間		問	
41	2	1	五		刪去	
48	9	6	與		及	
57	11	17	推		堆	
60	4		砂粘中		砂粘土中	
68	9		則較用半粘土須略少		則較用粘土須略多	
71		第廿三圖	每圖下順次加		(a),(b),(c),(d),(e)各字	

頁數	行數	字數	誤	刊	更正
71	6	項	自五公分		自五公分
73	7		泥易瀉		易泥瀉
76	9		者爲上品惟		者爲上品，惟
79	5		不易動鬆		不易鬆動
81	1		石經路帳		石路經路帳
81	5		及克達式		及馬克達式
82	4	17	空		實
86		第廿六圖	○ 3 圓圈旁之箭端		方向對調
89	5		質石		石質
96	4		率		牽
	13				
97		第廿八圖	圖反印		
107			第十三圖		第三十圖
116	11	末	整		整
123	5	11	氣		氣
125	9	2	溫		濕
128	4		度橫坡		橫坡度
129	3		循面之		循路面之
135	9		岩末路面		岩末路
141	4		碎石路面		碎石路
150			(7)		(4)
161	2	13	末		末
161	9	32	有		可
166		第四十圖			鎮線上遺落一箭端及 「字
172	7		-1000		刪去

頁數	行數	字數	誤	刊	更	正
174	1		仍如該圖，		刪去	
175	1		forces		force	
181	6		l		I	
184			C		CO.	
189	9		R_B		$(1-x)R_B$	
191	4		$a=b=\frac{1}{2}$		$a=b=\frac{1}{2}l$	
193	4		$\frac{1}{4} \times \frac{4}{5}$		$\frac{1}{4} \times \frac{4}{5} C$	
199	6				算式倒排	
203	1		M_{B2}		M_{B-2}	
205	12	5	敷		數	
207					算式均倒排	
215					算式均倒排	
225	1		frietion		friction	
225	5	3	加		如	
230	3	2	距		矩	
231	3	1	A^e		Ae	
234	6		1400000		140,000	
244	10	1	T		丁	
246	8	1	T		丁	
247	6	13	樑		筋	
248	2	1	Cc		Ce	
251	3		directins		directions	
252	12		縱樑		縱向	

頁數	行數	字數	誤	刊	更	正
261	3		$\frac{\nabla}{1}$			$\frac{\Delta}{1}$
267	7		Reinforced Bridge	兩字間加“Concrete”一字		
271	5,6		鋪			舖
274	5		惟有仍用單孔而			可用單孔式而
275	5		General			General
275	9		1-4表			1-4張
275	10		5-6表			5-6張
281	10		$R_A \beta = W_t$			$R_A = \beta W_t$
282	10		力學性表			力學個性表
286	11	3	合			構
292	1	23	之			刪去
294	7	1	四			六
306		第125圖	(1)			垂直箭端落一'V'字
330	3	末	ar			ar-
331	1	1	chbridge			ch bridge
331	6	4	孔			刪去
335		第143圖	Fig 35, Fig 36, Fig 37, Fig 38,			(1), (2), (3), (4),
340		第145圖				壩墩底部加A,B兩字
345	3		且足爲害以			且足爲害
349	3		馬蹄之上半			馬蹄形之上半
349	12	1	其			在
374	5		直徑26-34			小數點均差一位
397	6		末			小數點均差一位

上海图书馆藏书



A541 212 0016 8173B

