

巧工橋

朱 振 德 編 著

大東書局出版



坊 工 倘

朱 振 德 編 著

大 東 書 局 出 版

一九五二年九月初版

坊 工 橋

定價人民幣：45000元

版權所有 編著者 朱 振 德

不准翻印 出版發行者 大 東 書 局

上海福州路310號

印 刷 者 大 東 印 刷 廠

上海安慶路268弄



書號：5071 (0001—2000)

作者對本書的說明

一九五一年十一月

圬工橋是公路建築和鐵路建築中重要工程之一；亦是土木工程學識中主要學科之一。圬工橋是用磚、石砌築，或用混凝土澆製的。後者又分淨混凝土和鋼筋混凝土兩類。

編寫本書的主要內容是：圬工基本，各式涵洞，各式混凝土橋梁（包括剛構橋）和各式拱橋。全部內容分屬圬工結構、鋼筋混凝土結構和橋拱設計等範圍。茲有系統地彙編一冊，定名為“圬工橋”。

本書全部採用公制。描寫結構、推演理論，二者並重；尤盡量列敘舉例，以助解釋。惟本書各章所及規格，尚未臻一致，引以為憾！可是分析原理和設計方法，本質上當無不同之處，一經明瞭自可靈活運用了。

倉促脫稿，錯誤難免，內容亦待商榷。讀者提供寶貴的意見，是非常感謝的！

目 錄

第一章 總論	1
(1.1) 引言	1
(1.2) 橋之分類	1
(1.3) 造橋地位	2
(1.4) 橋涵式樣	3
(1.5) 橋之方向	4
(1.6) 橋孔	5
(1.7) 橋面之寬度	7
(1.8) 橋面之縱橫坡度	7
(1.9) 圬工橋之優劣點	8
第二章 圬工材料	9
(2.1) 天然石料	9
(2.2) 砌石工	10
(2.3) 磚塊及磚工	13
(2.4) 灰砂漿	15
(2.5) 混凝土	16
(2.6) 圬工材料之准許應力	17
(2.7) 圬工材料之各種常數	20
第三章 混凝土材料力學	22
(3.1) 引言	22
(3.2) 混凝土本質	22

(3.3) 鋼筋混凝土公式中所用的符號	23
(3.4) 矩形梁受彎矩時之應力計算	24
(3.5) 矩形梁受彎矩時之截面設計	25
(3.6) 雙面鋼筋矩形梁之應力計算	28
(3.7) 雙面鋼筋矩形梁之設計	29
(3.8) T形梁之彎曲應力計算	30
(3.9) T形梁之設計	31
(3.10) 核算混凝土拉應力	32
(3.11) 剪應力及握裹力	34
(3.12) 抗剪鋼筋之配備	35
(3.13) 兼負彎曲及中心壓力之梁桿	39
(3.14) 兼負彎曲及中心拉力之梁桿	41
(3.15) 中心受壓之支柱	41
(3.16) 圬工結構物內之應力	46

第四章 涵洞 50

(4.1) 概論	50
(4.1.1) 涵洞之流水面積	52
(4.1.2) 涵洞之基礎問題	52
(4.1.3) 作用於涵洞的土壤壓力	53
(4.1.4) 涵洞長度	55
(4.1.5) 涵洞分類及材料	55
(4.2) 管涵洞	56
(4.2.1) 涵管	56
(4.2.2) 涵管基礎	57
(4.2.3) 涵管之簡單計算	58
(4.2.4) 涵管之彈性原理	60
(4.2.5) 涵管應力係數表	63
(4.3) 板涵洞及箱涵洞	63

(4.3.1) 板涵洞及箱涵洞的一般問題	63
(4.3.2) 鋼筋混凝土板涵箱涵之結構	65
(4.3.3) 板涵洞之計算及舉例	68
(4.3.4) 鋼筋混凝土箱涵(閉合框)之彈性原理	75
(4.3.5) 箱涵應力係數表	79
(4.4) 拱涵洞	79
(4.4.1) 圓弧拱	82
(4.4.2) 拋物線拱及壓力線拱	83
(4.4.3) 無拱臺之拱涵	86
(4.4.4) 拱涵之結構問題	86
(4.5) 頂牆及翼牆	88
(4.6) 小形無鉸拱橋之暫行分析法	91
第五章 混凝土板橋	94
(5.1) 引言	94
(5.2) 公路板橋	94
(5.3) 公路板橋之設計舉例	96
(5.4) 聯續板橋	99
(5.5) 鐵路板橋	99
第六章 承式混凝土板梁橋	101
(6.1) 引言	101
(6.2) 主梁及平板結構之橋梁	101
(6.2.1) 結構佈置	101
(6.2.2) 平板設計	104
(6.2.3) 主梁設計	105
(6.3) 主梁及平板結構橋梁之設計舉例	108
(6.4) 主梁、橫梁及平板結構之橋梁	120
(6.5) 主梁、橫梁及兩路平板結構之橋梁	121

(6.5.1) 佈置	121
(6.5.2) 兩路板之優點	122
(6.5.3) 平板荷重在兩路內之分配	123
(6.5.4) 結構設計	125
(6.6) 兩路板結構之橋梁設計舉例	127

第七章 穿式混凝土板梁橋.....132

(7.1) 引言	132
(7.2) 結構佈置	132
(7.2.1) 主梁及平板結構之穿式橋	132
(7.2.2) 主梁、橫梁及單路或兩路平板結構之穿式橋	133
(7.3) 穿式橋主梁之設計	134
(7.4) 穿式橋之設計舉例	135
(7.5) 穿式兩路平板橋面之設計	145
(7.6) 無斜桿空腹梁	146

第八章 懸臂梁橋.....159

(8.1) 引言	159
(8.2) 單孔兩端懸臂之梁橋	159
(8.3) 隱匿懸臂之單孔橋	159
(8.4) 純懸臂梁之組合橋	158
(8.5) 懸臂梁及短孔簡梁之組合橋(即普通鉸鏈聯梁橋)	154
(8.6) 鉸鏈聯梁之設計舉例	159
(8.7) 主孔隱匿並有鎮壓作用之懸臂橋	163

第九章 聯梁及聯架橋.....165

(9.1) 引言	165
(9.2) 聯梁及聯架橋之優缺點	165
(9.3) 聯梁聯架橋之主梁	166

(9.4) 典型聯梁及聯架橋	169
第十章 單孔剛構橋	175
(10.1) 引言	175
(10.2) 雙鉸剛構和嵌固剛構之比較	176
(10.3) 單孔剛構之設計	176
(10.4) 單孔剛構橋之描敘	177
(10.5) 剛構分析	180
第十一章 菌形平板橋	187
(11.1) 引言	187
(11.2) 菌形平板橋之構造	188
(11.3) 菌形平板橋之設計步驟	190
(11.4) 菌形平板內之彎矩	190
(11.5) 等孔距菌形平板之公式	192
(11.6) 菌形平板之設計	198
(11.7) 菌形平板按剛構處理	202
(11.8) 菌形平板橋之設計舉例	203
(11.8.1) 題敘	203
(11.8.2) 縱向彎矩及平板厚度	206
(11.8.3) 橫向平板彎矩	208
(11.8.4) 平板鋼筋	210
(11.8.5) 支柱	212
第十二章 鋼筋混凝土橋梁上之附屬結構	214
(12.1) 伸縮縫	214
(12.2) 橋座	215
(12.2.1) 一般	215
(12.2.2) 平板橋之支座	215

(12.2.3) 梁橋之支座	216
(12.3) 橋面之排水及防滲	220
(12.4) 欄干及欄牆	222
(12.5) 橋臺	226
(12.5.1) 一般	226
(12.5.2) 橋臺上之作用力	227
(12.5.3) 橋臺之種類	229
(12.5.4) 重力橋臺	229
(12.5.5) 重力橋臺之分析	231
(12.5.6) 鋼筋混凝土橋臺	233
(12.6) 橋墩	238
第十三章 拱橋及拱壓線法則	243
(13.1) 拱橋橋面結構	243
(13.2) 拱橋之靜荷重	244
(13.3) 拱橋之交通重	244
(13.4) 氣溫之影響	245
(13.5) 拱橋按拱壓線計算之法	246
(13.6) 拱壓線之舉例	247
第十四章 三鉸拱橋	252
(14.1) 引言	252
(14.2) 三鉸混凝土拱之鋼筋	253
(14.3) 設計步驟	255
(14.4) 三鉸拱橋之橋臺與中心墩設計	264
(14.5) 鉸鏈	268
(14.6) 三鉸拱橋設計舉例	280
(14.6.1) 三鉸拱橋例題之總敘	280
(14.6.2) 拱圈之設計	281

(14.6.3) 拱頂之沉落量	296
(14.6.4) 橋臺之設計	296
(14.6.5) 頂牆計算	300
第十五章 雙鉸拱橋	302
(15.1) 引言	302
(15.2) 雙鉸拱之理論	302
(15.3) 雙鉸拱橋之設計舉例	304
(15.3.1) 一般	304
(15.3.2) 吊桿	305
(15.3.3) 附拉條拱之設計	306
(15.3.4) 橋座	319
第十六章 無鉸混凝土拱橋	323
(16.1) 引言	323
(16.2) 計算公式之導演	324
(16.3) 分析方法	331
(16.4) 拱圈之設計問題	334
(16.5) 支於彈性柱墩之聯拱橋	341
(16.6) 無鉸鋼筋混凝土拱橋之設計舉例	343
第十七章 拱臺及拱墩	370
(17.1) 拱臺之形狀	370
(17.2) 立式拱臺	373
(17.3) 拱墩之結構	376
(17.4) 拱墩之分析原理	379
第十八章 橋拱支架	384
(18.1) 引言	384

(18.2) 支架之結構	384
(18.3) 支架之受力	394
(18.4) 支架結構之準則及木料之強度	395
(18.5) 支架之抬高度	395
(18.6) 混凝土拱澆搗工作對支架之影響	397
(18.7) 支架鬆沉	398
(18.8) 支架木之設計	399
(18.9) 支架之例	401

第一章

總論

(1.1)引言

土木工程師的三個工作方向爲：(1)製造供居住及堆貨用的空間；(2)治理水土；(3)建造陸上交通路線。因此分其工程爲房屋、水利及交通三者。

交通之種類可分人行、公路、鐵路及運河等。當兩種交通路線交叉，如欲免除彼此間之阻礙時；或交通路線遇到阻礙物（河流）而須克服時，必須架設橋梁，使兩交通路線不復在同一平面上交叉，以達成其各不相擾的任務。

幾百餘年前建造橋梁，亦如其他建築，完全憑藉經驗，墨守成規，所能用理論解釋的範圍極爲狹窄。待至今日，因對材料及結構理論的認識逐步提高，橋梁已形成一門範圍極廣的學說。

橋之主要部份分爲上部結構和下部結構。上部結構位於兩橋臺之間，包括橋面、人行道、欄桿及橋之主要結構。下部結構包括橋臺、橋墩。橋臺乃支持橋身之物，藉將載重傳遞至基土中。如係單孔橋，則祇於兩岸各設橋臺一座，亦有稱之爲邊墩或岸墩者。如係多孔橋，則除兩邊墩外，尚需若干中心墩。

(1.2)橋之分類

橋梁分類，可自各種不同的觀點出發。若按橋上交通之不同，可分爲下列幾種：

- (1)行人橋 祇供行人之用，普通均甚狹小。
- (2)公路橋 普通爲公路車輛及行人共用。
- (3)鐵路橋 祇爲鐵路交通之用，間或附有人行道。
- (4)運河橋 用以引送航行運河。

亦有按其攔支力作用之不同，分爲梁橋、拱橋及懸橋三者（圖1.1）。梁橋受垂

直載重後，於橋臺上祇起垂直之攔支力，(a)圖。但於拱橋及懸橋上受垂直載重後，除產生垂直之攔支力外，尚有橫平之攔支力，(b)(c)圖。拱橋上之橫平支力向內作用，稱為推力；懸橋上之橫平支力向外作用，係屬拉力。

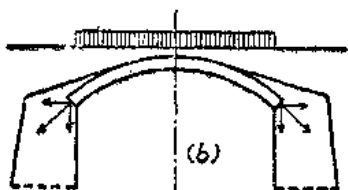
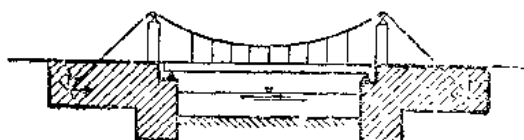
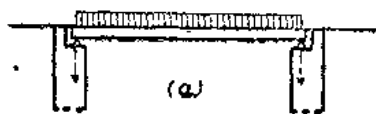


圖1.1 橋梁按照支力分類：

(a)梁橋 (b)拱橋 (c)懸橋

橋梁亦可分為活動和固定兩種。所謂活動橋者，乃橋身活動裝置，或繞豎軸旋轉，或繞橫軸旋轉，以調節啓閉，使橋下淨空之高度放大，以利船隻之通航。普通活動橋之橋身材料，均採用鋼鐵或木料，且多於平原地區的通航水道上用之。

如按橋身所用材料，則分木橋、圬工橋及鋼橋三種。而圬工橋之材料為磚石、混凝土或鋼筋混凝土。至取材問題，則視所備造價之多寡，所需橋之久暫，所允工程時間之長短，和所期跨越之長度以及橋之外形如何而定。地區之情況對取材亦頗有關係；例如我國內地，若就地有質地優良的天然石或黃沙礫石存在，水泥價格亦不太貴時，造石橋或水泥橋常比鋼橋經濟。

橋梁按其建築耐久之程度分類如下：

(1)永久式：橋涵上部結構及墩臺均用磚石、混凝土、鋼筋混凝土或鋼料建築者(基礎木樁除外)。

(2)半永久式：橋涵上部結構用木料，下部結構的墩臺用磚石、混凝土、鋼筋混凝土或鋼料建築者。

(3)臨時式：橋梁全部用木料建築者。

(1.3) 造橋地位

在都市內，橋之地位為街道所固定，無選擇可言。在平原曠野，橋之位置應配

合路線之方向與縱坡度，當公路或鐵路定線時，已畧有決定。但建造大橋如遇河流和兩岸地形特殊時，為求橋位之適宜，改動路線（即路線遷就橋位），亦常有之事。茲將選擇建橋位置之條件列述如下：

- (1) 受制於路線之最大准許縱坡度及最小准許半徑。
- (2) 考慮歷年水流及河床變遷和地質組織情況。
- (3) 選擇河面最狹之處，水流較緩之處為宜。
- (4) 基土強弱是否宜於建造橋臺、橋墩。
- (5) 避免在河道彎曲處建橋。

如不能避開河流彎道（圖1.2），則在外岸之橋臺不宜伸入河道中，為防止冲刷計，該岸須築護岸。如河道可以稍為改狹，亦祇將裏岸橋臺伸入河道，防止該處水流漩渦之為害，自河岸築堤以連接伸入河道之橋臺。

如於較小之彎曲河道，不惜改直河道（如圖1.3），先於直線方向內，在陸地上建造橋梁，施工不受流水為難，雖多改造河道工作，或仍可收節省費用之功。

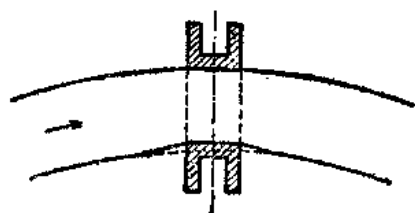


圖 1.2 河流彎道橋梁

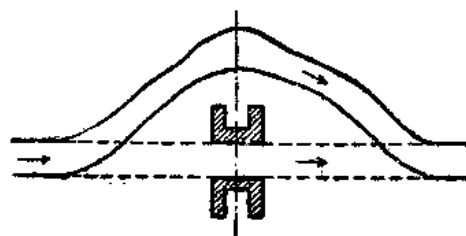


圖 1.3 陸地建橋改直河道

(1.4) 橋涵式樣

橋涵式樣之選擇應符合工程之經濟、適用、安全及美觀四大要求，且亦與跨度之大小，路線之載重等級，橋下交通淨空與航運需要，上部構造和下部構造的式樣以及使用材料和橋梁未來的發展條件有密切關係。

在普通一般情況下，圬工橋涵形式與跨度可參照下列規定設計之：

(一) 涵管：

瓦管	15 公分至 30 公分
混凝土管	30 公分至 60 公分

鋼筋混凝土管	50 公分至 120 公分
(二)箱涵	
磚石臺石蓋板	0.3 公尺至 1 公尺
磚石臺鋼筋混凝土蓋板	1 公尺至 3 公尺以下
鋼筋混凝土剛構	1 公尺至 3 公尺以下
(三)拱涵	
磚拱或石拱	1 公尺至 3 公尺以下
混凝土拱	1 公尺至 3 公尺以下
(四)磚石、混凝土及鋼筋混凝土橋	
鋼筋混凝土板橋	3 公尺至 6 公尺
鋼筋混凝土簡支梁橋	6 公尺至 20 公尺
鋼筋混凝土聯續梁橋	15 公尺至 40 公尺
鋼筋混凝土懸臂梁橋	15 公尺以上
鋼筋混凝土拱橋	10 公尺以上
鋼筋混凝土剛構橋	3 公尺至 40 公尺
磚拱或混凝土拱橋	3 公尺至 10 公尺
石拱橋	3 公尺至 20 公尺

上列跨度僅示約畧數值，稍有出超或低落亦無不可。

(1.5) 橋之方向

桁梁橫軸與橋臺簷線互相平行。若橋梁之縱軸與橫軸間之夾角 $\alpha = 90^\circ$ 時，

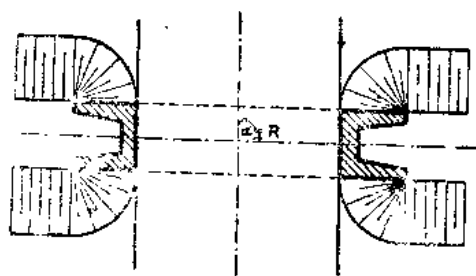


圖 1.4 正橋

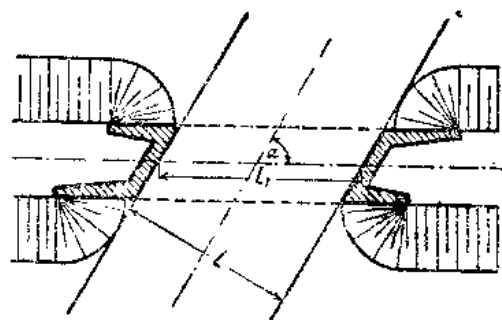


圖 1.5 斜橋

橋爲正橋(圖1.4); $\alpha < 90^\circ$ 時, 橋爲斜橋(圖1.5)。設計時應儘量避免採用斜橋。如事實上無法避免, 則 α 角亦不宜低於下列之值:

石橋 $\alpha_{min} = 20^\circ$

木橋 $\alpha_{min} = 25^\circ$

鋼橋 $\alpha_{min} = 20^\circ$

但於最後一類橋梁, 必要時用更小之 α 角者亦有之。

正橋之優點, 以其橋身較短, 橋臺、橋墩較小, 材料既省 施工亦便, 改低橋之造價甚多。鐵路橋有時適位於路線彎道內, 則橋之縱軸隨路線彎道而行者亦有之。

(1.6) 橋孔

所謂橋孔乃指橋梁底下之淨空, 其尺寸視橋下之交通情形而異。淨空中包含兩個尺度: 一爲淨寬, 另一爲淨高。

支點與支點間之距離爲橋之理論跨度, 至橋臺與橋臺間之直角淨距, 則稱爲淨寬或淨跨度。正橋之淨寬即在橋梁縱軸方向內量計之。至斜橋之淨寬(圖1.5), 乃指橋臺間之直角距離 L , 而並非在縱軸方向內之斜跨度 L_1 。

按橋梁下面交通之不同, 所需橋孔之淨寬, 約畧列示如下:

- | | | |
|--------|--------------------------|---------------------|
| (一)行人: | 單人行 | 最少 0.75 公尺 |
| | 兩人行 | 約爲 1.25 公尺至 1.50 公尺 |
| | 行人較多 | 約爲 2.0 公尺至 4.00 公尺 |
| (二)公路: | 單線公路 | 最少 3.50 公尺 |
| | 雙線公路 | 最少 5.00 公尺 |
| | 交通較繁重的公路 | 最少 7.00 公尺 |
| | 都市內高架橋橋孔之淨寬, 則以橋下街道寬度爲準。 | |
| (三)鐵路: | 單軌鐵路 | 最少 4.40 公尺 |
| | 雙軌鐵路 | 約爲 7.90 公尺至 8.40 公尺 |

如鐵路線在彎道中通過橋孔時, 則橋孔之淨寬示如圖 1.6 應等於:

$$L = 4.4 + f + e + v + z$$

f 爲鐵軌在彎道中所嚮出之矢距 $= \frac{B^2}{8R}$