

168051



258501

工涵橋

呂 謹 編



龍門聯合書局出版

工 涵 橋

呂 湛 編

龍門聯合書局出版

橋 涵 工

呂 謹 編

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

1953年5月初版

印數 0001-2000冊

新定價 ¥ 13,000

序 言

坊間一般書籍之討論橋涵工程者，多趨重於橋梁之設計方面，亦即屬於橋梁結構學之範圍，而對於橋涵之施工，尤其是養護方面，頗少敘及，但此種工作對於路上的橋涵工作者實屬重要，俾設計與施工能相互結合，發揮工程更大的效果。本書之內容，即主要偏重於施工與養護方面，希望能對專科的同學們或路上工作同志們在參攷或進修上有所幫助。

橋涵工程範圍較廣，在施工中所遭遇的問題亦極複雜，而新設計標準和蘇聯先進經驗的引用，更使橋涵工程的內容上有重大的變更，編者見聞有限，本書所述，雖數經修改，掛漏謬誤之處，當仍不免，敬希讀者不吝指正為幸。

呂 湛 1952年10月

目 錄

第 一 章	橋涵規劃·····	1-15
1.1.	橋涵之選擇·····	1
1.2.	洩水面積之估算·····	3
1.3.	橋涵之跨度·····	5
1.4.	橋涵之淨高·····	7
1.5.	橋涵位置之選擇·····	7
1.6.	基礎探驗·····	8
1.7.	橋涵位置之測定·····	14
第 二 章	基礎施工·····	16-33
2.1.	開挖基礎·····	16
2.2.	土圍牆·····	17
2.3.	板樁圍牆·····	18
2.4.	沉箱工程·····	22
2.5.	抽水工具·····	30
2.6.	擴大基礎·····	31
2.7.	基礎砌築及海床·····	31
第 三 章	基礎打樁·····	34-42
3.1.	基樁·····	34
3.2.	樁位測定·····	35
3.3.	打樁方法·····	35
3.4.	打樁工具·····	37
3.5.	接樁·····	41
3.6.	打樁報告·····	42

第四章	橋墩與橋台	43-59
4.1.	概述	43
4.2.	墩台外力之分析	43
4.3.	橋墩之構造	46
4.4.	實心橋墩	49
4.5.	圓柱及空心橋墩	50
4.6.	鋼架墩及鋼筋混凝土架墩	53
4.7.	橋台之構造	54
第五章	鋼鈹樑橋與鋼桁樑橋	61-82
5.1.	概述	61
5.2.	鋼樑之設計	62
	鈹樑及桁樑之應力	67
	鋼樑截面之計算	69
5.3.	鋼樑之裝配	70
5.4.	鋼樑之架設	71
5.5.	架橋工具	78
5.6.	橋面軌道之鋪設	79
第六章	鋼筋混凝土樑橋	83-91
6.1.	概述	83
6.2.	板樑橋	83
6.3.	丁字樑橋	85
6.4.	懸臂樑橋	88
6.5.	剛架樑橋	89
6.6.	排水設備	91
第七章	磚石及混凝土拱橋	92-102
7.1.	概述	92
7.2.	拱圈之設計	94
7.3.	推力及抗力線之推算	96

7.4. 石拱之砌築	97
7.5. 混凝土拱圈之砌築	98
7.6. 拱架	99
7.7. 邊牆及拱橋基礎	100
7.8. 拱橋之失敗及其防範	101
第 八 章 木便橋與棧橋	103-112
8.1. 概述	103
8.2. 木橋之架設	103
8.3. 橋樑枕木,護軌及護軌木	111
8.4. 曲線上之橋面	111
8.5. 避車台及防火設置	112
第 九 章 涵 洞	113-126
9.1. 明涵	113
9.2. 管涵	115
9.3. 箱涵	118
9.4. 拱涵	121
9.5. 涵洞翼牆	125
第 十 章 橋涵工程用料	127-137
10.1. 石料及磚料	127
10.2. 水泥與石灰	127
10.3. 碎石與沙	128
10.4. 灰漿之配合	129
10.5. 混凝土之配合	131
10.6. 鋼筋	132
10.7. 木料	136
第十一章 橋涵施工須知	138-151
11.1. 工程規範及說明	138
11.2. 基礎開挖及防水工程	138

11.3. 打樁工程.....	139
11.4. 磚石工.....	140
11.5. 混凝土木模.....	141
11.6. 鋼筋之編紮.....	142
11.7. 混凝土之拌和及灌注.....	143
11.8. 冷天拌合混凝土.....	146
11.9. 鋼樑之拼鉚及油漆.....	147
11.10. 木橋工程.....	148
11.11. 工程單價之分析.....	149
第十二章 橋涵檢查及養護	152-165
12.1. 概述.....	152
12.2. 一般橋樑的檢查工作.....	153
12.3. 一般涵洞的檢查工作.....	157
12.4. 橋墩橋台裂紋之處理.....	157
12.5. 墩台修補工作.....	159
12.6. 水中修補工作.....	161
12.7. 鋼樑支座位置之改正.....	163
12.8. 鉚釘之檢查及更換.....	164
12.9. 鋼樑之油漆.....	164
12.10. 橋身及橋上軌道之調整.....	164
12.11. 涵洞之養護.....	165

第一章 橋涵規劃

1.1 橋涵之選擇

設置橋樑或涵洞，應依使用性質（包括荷重量）、當地地質、地形、路線要求、水文情形、建築材料等，而定其式樣與大小。

橋涵以其跨度之長短而異稱，一般如下：

（一）大橋——淨跨二十公尺以上者。

（二）小橋——淨跨三公尺以上，二十公尺以下者；

（三）水溝及涵洞——各式過水結構淨跨在三公尺以下者。

一般工程上對於涵洞小橋之界說，並不一致，有以跨度在五、六公尺以下稱為涵洞者，而前湘黔湘桂等鐵路，則凡十公尺以下石拱與混凝土拱亦一律稱為涵洞。

近代工程材料應用之範圍日廣，用於橋涵者，大別之則為：（一）磚石及混凝土材、（二）木材（三）鋼鐵材以及聯合而應用者。橋涵之分類，亦遂以主要之建築材料而命名，如木橋、石拱橋、鋼筋混凝土板樑橋、鋼橋、鋼筋混凝土箱涵、綫形鋼管涵等是。建築材料之選用與採購便利與否，亦常影響橋涵式樣之決定。

橋涵式樣因適應要求之不同，而異其結構及製造之方法，可概分為下述數類，工程師當根據經濟、實用、安全、美觀之原則，實地收集各種資料，權衡輕重而審慎決定之。

甲、橋樑

（一）單樑橋 近世除若干臨時便橋，尚有用木樑者外，其永久式者均用工字鋼樑，或鋼筋混凝土板樑或丁字樑。此類橋樑之跨度多在10公尺以下。

（二）拱橋 鋼筋混凝土拱及鋼拱之式樣及築法甚多。鋼筋混凝土

拱之跨度可至四、五十公尺；而鋼拱之跨度則可大至二、三百公尺。此類橋樑最適宜於兩岸地勢高聳、基脚多屬岩石之處。

(三) 鉸樑與桁樑橋。就工程方面言，鉸樑之設計及施工均較桁樑為簡單而準確，其經常修養工費亦較輕。惟鉸樑之長度不宜大於 30 公尺，過此則因鋼鉸龐大笨重，運輸困難，裝設不易，不如桁樑之輕便靈活。桁樑之跨度通常多自 30 公尺至 60 公尺，亦有大過此數者。跨度小者，其聯接各部分結構多用鉚釘；跨度大者，其聯接各部分結構多改用栓釘。

(四) 懸臂橋 鋼樑跨度在一百數十公尺以上，則鋼料重量增加甚速，而中部彎曲度亦過大，故過長之橋多採用懸臂式。所謂懸臂橋者，簡言之，係於兩橋墩上建築兩塔，上懸兩臂，中間以一簡單式桁樑架於兩懸臂上是也。

(五) 吊橋 吊橋多為跨度甚大之橋，於兩橋墩上各建高塔，以鋼索吊起樑架，而將索之兩端深扣於兩岸。吊橋之最重要部分為鋼索，惟其缺乏勁性，故甚少用於鐵路上。

(六) 浮橋 浮橋係用若干船隻互相聯繫，兩端各用巨鍊繫於鐵柱，上鋪軌道路面，以便行駛車輛。船隻能隨水之漲落而上下，且能解開移動，以便河中船隻通行。但此種浮船，因其活動性太大，不宜於鐵路之用。

(七) 活動橋 活動橋之目的在能依時啓閉，以通舟楫，其種類有：

(1) 單葉式或雙葉式豎旋橋，其啓閉係利用一重體之下墜。

(2) 橫旋橋 以橋墩中心為支點，開橋時用機械力使橋樑旋轉約 90° ，以容舟楫通行。

(3) 升降橋 橋之一部能上下升降使舟楫通行。

橋樑若就其承載橋面系活荷重之部位分，則有：

(一) 上承式——係由橋樑之上肢或上弦桿負載者；

(二) 下承式——亦稱穿式，係由橋樑之下肢或下弦桿負載者，而上弦桿間則備有橫聯結架；

(三)半承式——又稱半穿式，亦係由橋樑之下肢或下弦桿負載者，而上肢部分並無橫連結架。

上承與下承之選定，應以河流之最高水位及橋下所須有之通航空間為標準。在不通航之處，其最低限度應使水面不能浸及橋樑——以最高水位在橋下1公尺為適宜。凡兩岸寬平，水面高漲，並通舟楫之河道，則水面上須有較大之通航空間，如是，則以下承樑橋為宜。若兩岸高出水面甚多，而河流又並不通航者，則可用上承樑橋。至於長橋，則中間數孔可用下承，以便航行，因船隻多航行於河道之中流，而兩旁則可用上承，則橋墩與橋面之材料均可較省。

乙、涵洞

(一)明涵——涵頂不填土者：

(1)磚石混凝土簡單明涵——以磚石或混凝土砌築邊牆，上面逕鋪涵面或軌道跨越；

(2)鋼樑明涵——以混凝土或塊石砌邊牆，上架鋼樑，承托路面系或軌道；

(3)鋼筋混凝土明涵——涵牆用混凝土或磚石砌，涵面用鋼筋混凝土蓋板。

(二)暗涵——涵頂填土者：

(1)管涵——以混凝土、鋼筋混凝土、陶土、鑄鐵或鋼鑄成管形之水道，綫紋鋼鐵管亦屬之；

(2)鋼筋混凝土箱涵——以鋼筋混凝土砌成方形之水道，單孔或多孔；

(3)蓋板箱涵——涵牆用混凝土或磚石砌，涵面用鋼筋混凝土，或條石蓋板。

(4)拱涵——以鋼筋混凝土或磚石砌成單孔或多孔之拱形水道。

1.2 洩水面積之估算

建築橋涵原在排洩水流，水流不暢，小則易致汙積或漫流而冲刷路

堤，大則危害橋涵本身，影響交通，故橋涵應留水道通過之斷面面積，即洩水面積，甚關重要。

橋涵之洩水面積與以下諸項有關：

(一)降雨量 橋涵之洩水面積，須能使因暴雨所積之水從容流過，不致壅塞。此種暴雨，歷年之情形固不能相同，即一年之間，第一次與第二次亦不能一致。吾人必須考查若干年之統計，取其最大一次之雨量，但若當地對於歷年之雨量，並無準確之記載，則河流附近，或在牆上或在樹上，常留有最高之水誌，可以參攷。

(二)溪河流域之面積 雨水降落於地面後，或先或後，或緩或急，均須向下游歸流。溪流集匯區域小而水流緩，則所需洩水面積亦小，區域大而水流急，則所需洩水面積亦必甚大，故調查溪河上流之集匯面積，實為一重要之工作。若流域範圍甚小，可於初測時一併測量計算；如在地形複雜、流域範圍甚廣，非普通測量所能辦到者，則可自他種地圖中約略估算之。

(三)土地與種植情形 土地鬆軟而易透水，則雨水降落之後，初步必為土壤所吸收，而後緩緩排出；地面草木蕃殖，亦將吸收大部分之水而不會立即流走，因之，通過橋涵之流量較為均勻。土地堅實而不透水，或地面草木稀少，則驟雨之下，將使水流宣洩甚速，因之，橋涵在極短之時間內須能容納較大之流量。

(四)水道之形狀及傾度 上流水道如狹長，而傾度又屬平順，則遠處之水須歷較長之時間，方能到達橋涵附近，故水流均勻，不致壅塞。但如水道之傾度過陡，則雨水一降，立即向下流奔瀉，易匯集壅阻於橋涵入口。

(五)橋涵之形式 依據水力學之原理，所有橋涵之傾度、長度及其斷面之形式、地面之情形、入口與出口處之形狀，對於在一定時間內，流瀉一定之水量所需之斷面面積，均有顯著之影響，故亦必推求最適當之橋涵宣洩斷面。

計算橋涵洩水面積之方法，一般所採用者計有：

(一)實用經驗公式法 此法對溪河流域面積及某一假定係數之決定，頗關重要，且兩者仍須依靠經驗之判斷，多少含有不可靠之成分。

常採用之經驗公式，有邁爾氏與搭爾波氏：

邁爾氏公式

$$\text{洩水面積(平方公尺)} = C \sqrt{\text{溪河流域之平方公里數}}$$

其中 C 為一假定的逕流係數，約自 1.5 至 6.2。地勢由平順到起伏，此數逐漸加大。式中所示洩水面積與上流雨量之多少，及橋涵設計之形式如何，并無直接之關係。

搭爾波氏公式為

$$\text{洩水面積(平方公尺)} = C \times \sqrt{\text{溪河流域之平方公里數}}^3$$

其中 C 約自 1 至 6，依流域之地勢而定。在耕植地帶，春季有雪水暴漲情形者，或流域之長度三、四倍其闊度者， C 值約為在山嶺陡峻地帶之半；在無融雪地帶，或流域之長度數倍於其闊度者， C 值約為山嶺地帶之 $\frac{1}{4}$ 。

尚有甚多其他類似上述之公式，此種公式之價值，視乎係數 C 之選擇是否適當而定，而選擇此一係數，須依據經驗上之判斷，故應用經驗公式，並非一最佳之方法。

(二)觀察法 吾人觀察河道附近大水經過處之水誌，可推算最大之流量，以定橋涵所應留之洩水面積。在新橋址附近之原有橋涵，其面積之大小亦足為借鏡。

按照中央人民政府鐵道部頒布之鐵路橋涵設計規程中規定：

“幹線橋樑設計時，所用最高水位，應以一百年中最高洪水位為標準，並用此最高洪水位計算流量。在支線（即次要路線）則以五十年中最高洪水位為標準。橋頭路基之高度，應較最高洪水位高出 0.5 公尺以上。”

1.3 橋涵之跨度

就橋樑一般情形而言，每孔橋面之建築費約與跨度之平方成正比。

例，即跨度如增大二倍，則橋面之建築費將增加四倍。故就橋面而言，跨度愈短，即孔數愈多，愈為經濟。但孔數愈多，則橋墩愈多，橋身之建築費愈鉅。故就橋身而言，則孔數以愈少為愈佳。故當全橋橋面之建築費與全橋墩台之建築費相等時，則每孔之跨度當為最經濟者。不過單求建築費之經濟，而忽略技術上之困難與事實上之需要，亦非相宜。例如橋墩加多，則阻水面積加大，橋墩過低或跨度過小，則在洪水期舟楫航行受阻等等。總上諸端，欲定跨度之大小，應根據實際情形，就技術與經濟兩方面詳為比較方可。

橋涵式樣與跨度在建築經濟上頗有密切之關聯，茲將各項橋涵經驗的經濟跨度錄如下列，以供參攷。

各項橋涵經驗的經濟跨度

式 樣	跨 度(公尺)
瓦管	0.15 — 0.30
混凝土或鋼筋混凝土管涵	0.30 — 1.20
綢紋鐵管涵	0.60 — 3
石砌箱涵	0.30 — 1
鋼筋混凝土箱涵	1 — 3
磚石台工字鋼樑	1 — 2
磚石砌或混凝土拱涵	1 — 3
鋼筋混凝土板橋	3 — 6
木樑橋	3 — 8
磚拱或混凝土拱橋	3 — 10
石砌拱橋	3 — 20
鋼筋混凝土簡支樑橋	6 — 20
鋼筋混凝土連續樑橋	15 — 40
鋼筋混凝土拱橋	10 — 30
鋼筋混凝土剛架橋	3 — 40
工字鋼樑橋	3 — 10
鋼板樑橋	10 — 30
鋼桁架橋	20 以上

1.4 橋涵之淨高

橋樑跨越之河流，如通航運，則決定橋下淨空之初步工作，為航行及水位調查：所有經過橋下之船隻，其最高煙囪之高度，或最高桅桿之尺寸及此等船隻航行之密度。設計時所採取之橋下淨空，必須適當計及航行水位。

如橋下無舟楫航行時，按鐵道部之規定如下：

(一)橋樑之下部必須高出計算水位或最高過冰水位 0.75 公尺以上，並在最高洪水位 0.25 公尺以上。支承墊石之頂面，必須高出最高洪水位 0.25 公尺以上。

(二)拱橋之起拱線，應高出最高洪水位或最高過冰水位 0.25 公尺以上。

又對於涵管淨空之規定如下：

不漫水涵管內面頂點，必須高於最高洪水位。在高度不滿 3 公尺之圓形及橢圓形涵管內，為涵管高度之 $\frac{1}{4}$ 。在高度大於 3 公尺者，不得小於 0.75 公尺，在方形涵管，不得小於 0.5 公尺。

1.5 橋涵位址之選擇

選擇橋址，務須經濟而適用。首先須研究以下數項：

(一)河床之形勢 橋址上游之河床不宜過於彎曲，否則洪水一至，水勢猛漲，容易冲刷堤岸，對於橋台頗有危險。故橋台在河床灘地之位置，亦必須在不易冲刷之處。河床與路線以互相垂直為原則，因斜橋不特工費加多，養護亦較困難。

常有若干河流之河床，地形平坦，平時一片沙灘，河面淺窄，一至大雨之後，河水氾濫，變成一片汪洋，如路線經過此種地區，苟無充足之洩水面積，路堤多被冲刷。例如東北遼河區域，中長鐵路線及瀋大公路線所經之處，橋長多數倍於平日的河水寬，即為此原因。又如湘桂鐵路興安附近有旱橋數座，平日滴水均無，但橋之跨度則在二、三十公尺間。

(二)橋基地質——橋樑以能直接建築於堅硬石層上最為適宜，但有時因石層過深，建築費加大。宜先就河床上下游舉行探驗，如能探得比較淺近之石層，常可改移橋位以遷就之。

(三)建築材料之取給——附近所產建築材料之類別與數量，常為選擇橋涵式樣之決定因數，因材料之運費對於建築費上常佔重要之成份。

(四)跨度與淨空 橋樑跨度大小及孔數之多少，有關水流之宣洩，而淨空則對於航行之需要有密切關係，須考慮當地通行船隻之尺寸與桅高。孔數不宜過多，以免增加建築費用並減少流水面積。跨度亦不宜過大，以免增加橋面架設之困難。

涵洞位置之選擇，亦不外考慮上述各項問題，惟以跨徑短小，材料所費無多，解決較為容易耳。

1.6 基礎探驗

基礎為橋涵建築極緊要之部分，其對於橋樑影響最為重大；必使能勝任載荷，而無冲刷、掏空或沉陷之患。故在設計之先，對於河床地層之狀況，應作精密之探驗。

基礎如能直接建築於石層上，固屬最佳，但有時石層須在數十公尺以下，其上或黏土層、或卵石挾沙層甚或流沙層，因之，其載重能力頗不一致。茲將一般地基之安全載重能力列表於下，以供參攷：

土質種類	安全載重能力
厚層青石及花崗石等	2000 公噸/平方公尺
厚層沙石	250
結實卵石與粗沙	100
軟石	80
厚層硬土	60
粗沙硬土	40
結實粗沙	40
鬆沙	20
鬆土	10
細沙土	10
流沙土	5

求基土載重能力之方法，有用載重試驗者，有用打樁試驗者。探查地質情況，則可用鐵桿或鑽探。惟較小橋涵，可視基土之種類，加以經驗上之判斷，並參照一般地基安全載重能力決定之。

探驗大橋基土之結果，如因石層過深，基礎不能直接達到，而上層土質又頗鬆軟，載重能力不足，則可採用（一）打樁，（二）加大基礎，或（三）將基礎加深之辦法。

加大基礎比較經濟易辦，惟須河流之冲刷力不大。將基礎加深可增加泥土阻承能力，並可避免河流之冲刷，但排水工作較為困難，建築費用亦將增加不少。打樁亦為一般所習用，因打樁既較加深基礎容易施工，亦不易被水流所冲刷，且打樁能達到堅硬之地層，而不如他種方法比例地增加基礎工程費用。加以樁入土後，如排置適當，週圍之土壤被樁擠壓緊密，亦能增加其載重能力。

載重試驗 就橋址附近挖一約二公尺見方的試坑，深如基礎應達之深度，坑週加撐擋土板。坑底中央置一硬木板，如圖 1 中之 *A*，30 公分見方，厚 5 公分。板上立一 15 公分之方柱 *P*。方柱上部釘一 1.5 公尺見方之木盤 *CD*，木盤下面則用斜撐支於方柱上。試驗時或用沙袋，或用鐵塊，或用大卵石，堆置於木盤上。第一次所加之重量約為所需地層載重能力之

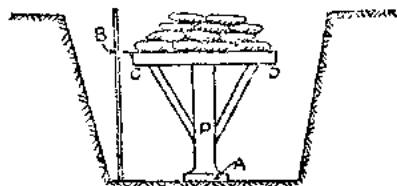


圖 1.

20%，以後每隔半日或一日再將重量遞加，每次遞加之重量不得超過 1.0 噸/平方公尺。每次加重後應即觀測地層之下沉度，下沉之數係就柱旁所立測尺 *B* 上觀察之。此種下沉之數，其最初數次約與每次增加之重量成正比例。及至沉度驟增，不復與加重成正比例時，其每平方公尺之載重，稱為此項土質之驟變點。凡普通勻純之土質，可將驟變點之三分之一作為該項土質之載重能力。

此種試驗法，不特手續簡單，並可於開挖時觀察坑內地層之土質結