

21160

涵洞工程

趙建衡 編著

正中書局印行

涵洞工程

趙建衡編著

正中書局印行

版權所有
翻印必究

中華民國三十二年七月
中華民國三十七年一月滬一版

涵洞工程

全一冊 定價

(外埠酌加運費匯費)

編 著 者 趙 建 衡

發 行 人 吳 秉 常

刷 所 正 中 書 局

局

序

涵洞爲鐵路公路所必需，其他工程亦常用之，其應用範圍甚廣。但以其工程不大，且普通鐵路公路機關均作有標準圖，無須一一設計，故普通工程書籍，皆略而不詳，討論涵洞之專書，尤爲少見，然涵洞之形狀雖小，構造亦繁，包括管形、框形、梁、拱四種構造。涵洞之建築費雖廉，如建築不良，設計不周，則所蒙之損失，將數十百倍於建築之需。小者如涵洞之破壞，洪水之冲刷路堤，因而暫時停車，影響交通。大者如火車失事，危及客貨安全，民國七年平綏鐵路懷來車站附近涵洞之破壞，是其一例。且涵洞每個之建築費雖廉，而涵洞之數量甚多，積少成多，亦未可以輕視。是以涵洞之建築，不可以物小而忽視之；此本篇之所由作也。

本篇以短促之時間，取各書之敘述，略者集之以爲詳，零者拾之以爲整。倉卒寫成，遺漏謬誤，恐所難免，尙望海內明達有以正之。是爲序。

民國二十九年十二月

編者識

442.132

49/12

22100

目 次

第一章 總論	1—16
1.1 定義	1
1.2 種類	1
1.3 涵洞之用途	3
1.4 涵洞之大小	4
1.5 確定水道面積之大小	5
1.6 涵洞計畫之影響	9
1.7 各種涵洞所用之範圍	10
1.8 涵洞之坡度	11
1.9 端壁或翼壁之設置	12
1.10 載重標準	13
第二章 基礎	17—34
2.1 基礎之重要	17
2.2 基礎之查驗	17
2.3 泥土安全承载力	18
2.4 基礎加強法	19
2.5 擴大基腳本身法	20
2.6 石及混凝土基礎	20
2.7 廢鋼基礎	20

	目	次	3
3.15	藍京系原理	54	
3.16	庫倫系原理	56	
第四章	管涵洞	57—130	
4.1	管涵洞概說	57	
4.2	自由支承之管涵洞應力	62	
4.3	固定支承之管形應力	68	
4.4	管之自重應力	75	
4.5	受水壓力管, 因水壓力所生之力	77	
4.6	管涵洞之種類	78	
4.7	陶管之應用及其特點	78	
4.8	陶管設計之理論公式	82	
4.9	陶管之經驗公式	86	
4.10	陶管之實地試驗法	87	
4.11	混凝土管涵洞之應用及其特點	88	
4.12	混凝土管及陶管之檢定	89	
4.13	鑄鐵管之應用及其特點	92	
4.14	高級鑄鐵管	94	
4.15	鋼殼管涵洞	94	
4.16	鋼管鑄鐵管之油漆	96	
4.17	皺紋管涵洞之應用及其特點	96	
4.18	鋼筋混凝土管之應用	100	
4.19	鋼筋混凝土管之鋼筋配置法	102	
4.20	非圓形管涵洞之利用	106	

5.9	梁涵洞之橋台	145
5.10	結論	143
第六章	拱涵洞	155—185
6.1	概說	155
6.2	拱之各部名稱	155
6.3	拱之破壞	155
6.4	拱之種類	156
6.5	拱環畫法	156
6.6	拱之厚度經驗公式	158
6.7	拱之力學考查	161
6.8	推力線原理	161
6.9	混凝土拱涵洞	14
6.10	石拱涵洞	174
6.11	磚拱涵洞	174
6.12	拱之彈性原理	175
6.13	求 $S/I = \text{常數}$ 之圖解法	177
6.14	鋼筋混凝土拱涵洞	177
6.15	拱涵洞之模型	184
6.16	皺紋鐵拱涵洞	185
6.17	結論	185
第七章	框形涵洞	186—213
7.1	概說	186
7.2	框形涵洞之力學	187

7.3	框形涵洞之近似解法	197
7.4	鋼筋混凝土框形涵洞設計	197
7.5	道路框形涵洞設計例題	198
7.6	鐵道上所用鋼筋混凝土框形涵洞例	205
7.7	混凝土箱形涵洞	208
7.8	箱形涵洞之模	208
7.9	結論	208
第八章	涵洞之估價	214—220
8.1	全路或某段之概算	214
8.2	每個涵洞之預算	214
8.3	涵洞之經濟	217
第九章	總結論	221—223
9.1	各種涵洞之比較	221
附錄一	交通部公路總管理處公路橋梁涵洞工程設計暫行準則	226
附錄二	交通部公路總管理處公路橋梁涵洞施工細則草案	237
附錄三	交通部滇緬鐵路西段工程處橋涵工程規範書	256
中英名詞對照表		287
參考資料索引		290

第一章 總 論

1.1 定義 涵洞者經過道路、鐵道、水渠等物下面之橫溝或水道也 (a traverse drain or waterway under a road, railroad, canal, etc.)。在我國公路上交通部公路總管理處最近復有明白之規定：

(1) 凡跨越小水或溪流之建築物，位於路面之下，而其橫過路基之長度超過路幅之寬度時，不論其單孔跨徑或多孔總長度超過三公尺與否，均稱涵洞。

(2) 除(1)項之規定外，凡單孔之跨徑或多孔之長度(包括橋墩在內，橋台在外)，不超過三公尺時概稱涵洞。

至方溝一項即併入箱式涵洞，其名稱應予廢止。至水管名稱，仍應存在。

1.2 種類 涵洞之種類其分類法可分四種：

a. 以涵洞頂有無泥土載重分類：

(1) 明渠式(或稱開渠) 凡涵洞上不填土者屬之，即前節公路總管理處第(2)項所定之種類。

(2) 暗渠式 凡涵洞之埋在土中者屬之，即前節第(1)項所定之種類。

b. 以材料分類：

(1) 永久式 包括陶管、磚石、混凝土、鑄鐵、鋼鐵、皺紋鐵或鋼

筋混凝土等材料建築者

(2) 半永久式 除用木面外,其他部分均用磚石建築者。

(3) 臨時式 木涵洞屬焉。

c. 以有否受水壓分類:

(1) 不受水壓涵洞

(2) 受水壓涵洞 受水壓涵洞,多于特殊情形時用之,茲舉數種情形如下:

甲. 路堤低者 遇路堤甚低時,涵洞之建築多較深,而往往水面高於涵洞 此時則涵洞受水壓力,其洩水量亦甚大。大約高于涵洞四呎之水位較高於涵洞一呎之水位,其洩水量可增加一倍。故遇此情形,須建特別堅固之涵洞。而涵洞之端壁建築尤須特加注意。

乙. 倒虹吸管 如引水流流經路坑,兩邊之水均高於路面時。惟管之出口較入口略低,水因位能(potential energy)之關係,從入口下降流過路坑下面,再上升由出口流出。此在鐵道上用之尤多。

丙. 漫水路堤涵洞 河流有在普通時期,水流甚小或無水,但在洪流時期,則需排洩多量之水。此種情形,為經濟計,常建漫水堤路(overflow embankment)。堤路路面為石砌或水密性之混凝土層,枯水時期水由堤路下之涵洞通過,洪流時期水則漫過路堤。在公路上因土工之經濟,路堤過此水坑時,坡度常係下降,但不可超過 50/100。

1.1 圖為美國之一種標準圖,我國公路上此種堤路亦常見之。他如碼頭之下坡道伸入河中者,亦常於下坡道下建小涵洞,以備枯水時期洩水之用。

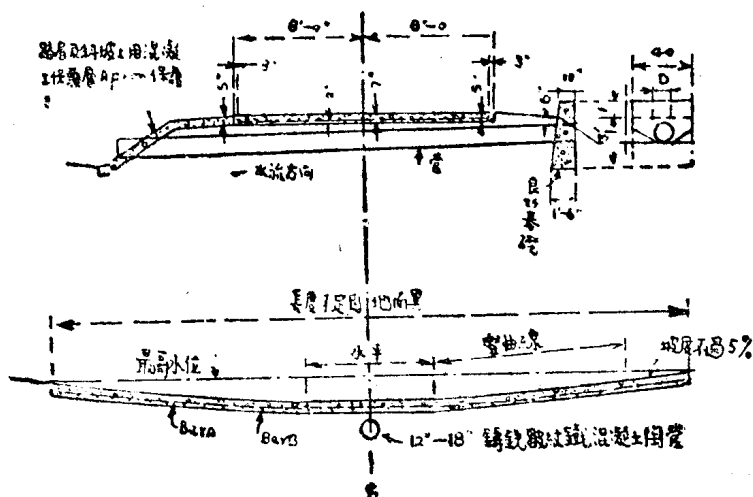
d. 以構造原理分類:

- (1) 管涵洞(pipe culverts);
- (2) 梁涵洞(beam culverts);
- (3) 拱涵洞(arch culverts);
- (4) 框形涵洞(rigid frame culverts)。

以下各篇之敘述，因設計之便利，故依構造學之分類。

1.3 涵洞之用途 涵洞之用途最普通者有二：

a. 雨雪之水降於地面後可分為三部：一則蒸發而上升；一則滲透而入地；一則為大部之水流卸於地面，集於地之低處而成水坑。此



混凝土				鋼筋 30#			
	比例	Cu Yd per lin ft	TOTAL Cu Yd	Bols	根	長	直徑
側面	1:2:3	0.296	11.8	A	13	39'-9"	248
頂面	1:2:3	0.144	6.0	B	33	15'-6"	246
底部	1:2:3	0.173	0.7				434
合計	28 Linear Feet						

註：表中所列之
長度為40呎

U.S. OFFICE OF PUBLIC ROADS
TYPICAL CONCRETE DIP

1.1 圖 捷路涵洞

水坑常與路堤交叉，故建築公路鐵道之時不得不於路堤下建設水道，使水得以自由宣洩，以免流水侵入路堤，損及路身安全。

b. 涵洞同時亦用於小溪流上以代橋梁之用，故涵洞之名稱得應用於水坑或小溪流之通過路堤而其跨徑在三公尺以下者。由此點觀之，涵洞之功用與橋梁無異。僅跨徑小者曰涵洞，大者曰橋梁。而二者之間，實無一定之界限。

他如給水、灌溉、水力發電等各工程之送水、配水，河道工程經過堤上之涵洞，海港船塢吸水、放水之涵洞，亦皆為涵洞之功用也。

1.4 涵洞之大小 涵洞之用途，既如前節所述。而涵洞之計畫，必須注意水流之方向，與乎水流之總量。欲求水流之總量，必須作實地精密之考察，以為設計之根據。方向在普通情形，固須與水流一致，與路堤直交者，可減短渠長不少，然若與水流斜交，易起衝刷，故可能時即更改前後水路以使過堤處成為直交者亦有之。有經驗之工程師，固當與地質經濟綜合比較而判斷之，不可一概而論也。方向流量既知之後，乃定涵洞之大小。如涵洞過大，則建築費之耗費非鮮；如涵洞太小，則生下列各弊：

1. 沖洗路堤；
2. 衝毀涵洞；
3. 阻礙交通；
4. 修理之費用甚大。

故涵洞建築之先，必先確定水道面積之大小。欲確定面積之大小，下列各點須加以注意焉：

- a. 雨量 暴風雨最烈時候，其間所求得之雨量，即為最之雨量。

此須由每年測定之紀錄，以爲設計之標準。

b. 流域之面積 流域面積大者，則所排之水多；如流域面積小，則所排之水少。普通流域之面積多於預測時包括於預測圖以內。如流域面積過大時，非預測所能包括者，則須設法求其近似值，或特別測之，以求準確之統計。

c. 流域之地勢 如流域長而狹，坡度甚緩，則水由遠處流至涵洞，需時甚長，其流量必較一律。若流域之遠處坡度甚陡，水流甚急，結果各部洪流一擁而至，如是則水道面積必增大。

d. 土質與地面狀況 凡地質粗鬆而草木繁生者，水之滲透既易，含蓄亦多。故雖大雨驟至，亦不至氾濫。如巖石顯露不毛之地，下降雨水，無從吸收，更無可含蓄。霪雨一降，奔流而下，立成洪流，所需水道必大。

1.5 確定水道面積之方法 確定水道面積之方法有三，茲分述如下：

a. 用經驗公式法 經驗公式，近來學者所提出者甚多，但以此種公式均就大概之值而言。因無論何種公式，如果非有確切之統計以爲根據，其結果必難圓滿。故用各種公式設計同一問題，其結果常相差天壤，其原因不外兩點：

(1) 因其所估計之條件，難免有錯誤之處；

(2) 因推定公式，往往有適宜於甲地而不適宜於乙地。

例如，公式之推定於天氣乾燥之地與潮溼多雨之地，所得結果一定不同。故適用於潮溼地帶之公式，必不適用於天氣乾燥之地。乃爲必然之事。

但無論如何，此經驗之公式，乃集合多數工程師之經驗而得者，當未可抹殺之。梅爾及得爾鮑特二氏公式為用至遍。我國公路鐵道上亦常用之。

梅爾公式 (Myer's Formula) 為 1887 年提出，其式如下：

$$A = c\sqrt{a} \quad (1.1)$$

A 為水道面積 (英制以平方呎為單位，公制以平方公尺為單位)；

a 為流域面積 (英制以畝為單位，公制以公頃為單位)；

c 為係數，其值因地勢而異，大略如下表：

1.1 表 梅爾公式 c 值表

地 勢 情 形	英制 c 值	公制 c 值	附 註
微有起伏之大平原	1	0.15	
丘陵之地	1.5	0.22	
山嶽崎嶇不平之地	4	0.58	

於流域不大之區，此公式結果似乎太大，例如按此公式 $c=1$ ，則一方呎之涵洞僅宜洩由一畝之水；實際上水道面積之增加，似又比流域面積之方根較速，所以此公式用於小流域嫌過大，用於大流域嫌過小。

得爾鮑特公式 (Talbot's Formula) 發表於公元 1888 年，其式為：

$$A = c^4\sqrt{a^3} \quad (1.2)$$

A 為水道面積 (英制以平方呎為單位，公制以平方公尺為單位)

a 為流域面積 (英制以畝為單位，公制以公頃為單位)

c 為係數；其值大略如下表：

1.2 表 得爾鮑特公式 c 值表

地 勢 情 形	英制 c 值	公制 c 值	附 註
峻峭巖石之地	$\frac{2}{3} - 1$	0.12 - 0.18	
在有起伏之墾殖地受雪溶解之洪流而其谷長三四倍於其寬者	$\frac{1}{3}$	0.06	如溪流愈長則 C 之值更可減少
與積雪無關之地而其谷長為寬之數倍	$\frac{1}{5} - \frac{1}{6}$	0.030 - 0.035	

此公式之最大缺點，在 c 之值甚難確定，且變更甚大。例如流域一百畝則水道面積應為 $c \times 31.8$ ，此 c 之值因地形而變更，乃自 5 以至 32 平方呎。此估計之值完全因係數而定，局部雨量之變化弗顧也。

但此公式 A 與 a 成 $\frac{3}{4}$ 方根之比例增加，似較梅爾式為準確。提倡此公式者，嘗根據試驗涵洞及都市中小橋梁與微有起伏之鄉村道路涵洞，以求得其十五年至二十年間之紀錄，結果大致不差，且知以此公式所求之各水道，平均每四年或五年將遇較大之洪流一次。在日本內務省直轄之百餘河流之考察，與此公式之結果亦近。如 1.2 圖所示，上游急流部 c 之值約等於公制 0.06，下游緩部 c 約與 0.03—0.036 相一致，故此公式可謂經驗公式中之較適用者。1.3 表乃按此公式計算之結果。

b. 用直接觀察法 欲求涵洞水道之面積大小適當，必須由直接觀察以得其有價值之紀錄，以補經驗公式之不足。其方法有四：

(1) 觀察同一溪流其他橋涵面積之大小。