

# 灌溉系統構造物之設計與實例

## 倒虹吸工設計 (Design of Inverted Siphon)

洪 有 才

### 一、概 述

渠道經過地窪處或遇到障礙物而必須橫越時欲採用渡槽或倒虹吸工，視其交叉之條件，施工難易，工作期間及工程費用等因素而決定，又依地形，地質之情況，將虹吸工最低部以管渠道橋代替之。測量時，其縱斷則以渠線測量為之，但為設計之必要時將入口出口及溢水道之渠線測之，如有地變化之處亦行局部測量，至於入口及出口之附近亦應行平板測量作為設計之參考，在地質方面則應注意地質之構造形狀，例如地下湧水，可能增加多額之假設費及排水費而向使管之接合或混凝土澆製產生困難時，應計劃為管渠道橋，如地之支持力大時要避免設置基礎及管底混凝土。

### 二、設計上之注意事項

#### 1. 水理關係

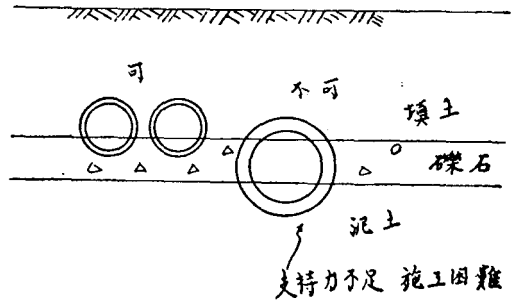
- 落差：如落差容許時儘可能使管內之流速達於容許流速，在不能有多落差時亦須使管內流速大於容許最小流速。
- 混凝土管之最大容許流速為 4.0m/Sec. 並使管內不產生淤積，管內平均流速應取大於 0.75m/Sec.

#### 2. 構造物及地質關係

- 管形：虹吸工一般採用離心力混凝土圓形管或用鋼筋混凝土管較佳，此等管依水壓及工地之條件而製，可利用工場製品之目錄而選擇，如此可省去應力計算之手續。但如有以下之情形時可能用現場澆製之箱形管為有利，設計者必謹慎比較選度之。
  - 內壓低，通水量大時
  - 因地質關係不能埋設較深時
  - 管長小，內側尺寸大時
  - 利用其他構造物之一部份時

- 管數：原則上以一條為之，但如有以下之情形時亦可考慮採用兩條：
  - 交通不便並有湧水，大形管運搬不便時

- 水壓高而市面購買不得時
- 因地質關係埋設大型管困難或不適當時如下圖。



- 如新開墾地於輸送全通水量之日，距今之時間相當遙遠時，先設置一條第二條則於第二期工程時設置時設置。
- 其他如兼用給水為暫時之斷水時

#### C. 埋設深度

- 耕地內必設於不防碍耕作為原則。
- 避免設置隧道式構造。
- 移動性地層處必設於滑動面以下。
- 寒冷地帶應設於凍結面以下。至於橫過道路或鐵路處，視其管材料，基礎工之如何有如下之標準。

埋設材料	公路	鐵道
混凝土管	$H > 0.6m > D$	$H > 0.9 \cdot n > 1.5D$
鋼筋混凝土管 (無基礎)	$H > 0.3m$	$D < 1.0m$ $H > 0.75m$ $D > 1.2m$ $H > 1.0m$
鋼筋混凝土管 (混凝土基礎工)		$D < 1.0m$ $H > 0.3m$

H：蓋土深度 (m)

D：管徑 (D)

- 基礎工：虹吸工之管屬於輕構造，故  $D < 60cm$  時只須考慮防止其不均勻沉陷，不必加以嚴格之基礎工，茲列基礎工之種類與地盤之關係標準如下：

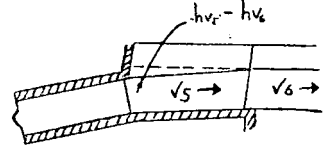
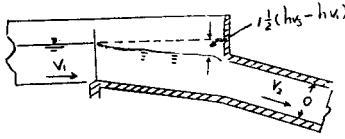
地盤與 60cm 以下之小管徑基礎工

土盤 基礎工種類  
 岩盤，砂，砂土———礫土挖後不夯實  
 砂土，壤土，排水良好處—夯實  
 壤土，粘土，排水不良處—砂，石子或礫石並夯實  
 泥土，軟弱地盤———基礎樁  
 鐵道堤防之下———枕木，梯，台等

約為5—10m。

f. 虹吸上下游水槽：（或稱進口及出口漸變槽）上下游水槽之設計須考慮防止土砂或空氣流入管中，有時為使沉砂作用能完全在更上游處設水槽行沉砂池之作用，管進口之上端亦應設計於 1.5—3.0 流速水頭差之水面下，設欄污柵以防止浮游物之進入。

大形管儘使反力廣潤分佈，並加以混凝土基礎工，其進口及出口處必使不產生沉陷現象



e. 伸縮縫：一般市面所賣之離心力混凝土管十分乾燥，伸縮縫不必考慮，但現場澆製之混凝土管並露出地面者必設伸縮縫，其伸縮縫與伸縮縫之間隔

進口

出口

定管徑後，由已知之  $Q, L, D$  計算落差，最後檢驗管內之流速是否合於規格現舉計算落差所須考慮之損失水頭分別述於次

下水水槽為限制因管中衝出之動能使引入下游渠道而設，故其出口管上端至水面之落差取其等於流速水頭即可。



i. 摩擦損失水頭 ( $h_f$ )

$$h_f = f' \frac{L}{R} \frac{V^2}{2g}$$

圓形斷面時  $R = \frac{D}{4}$

$$\therefore h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

g. 空氣閥如上圖虹吸吸管之中途有突出部時流入管之水混有空氣致使空氣聚集減小流水斷面，如果前端接於水槽深處時排管閥不屬必須，但流量小時則必須設置，此管之管徑可設計等於管徑之  $\frac{1}{12}$  倍。

$f$  為依管內流速，管徑粗細之狀況而變異之係數，照曼寧 (Manning) 公式

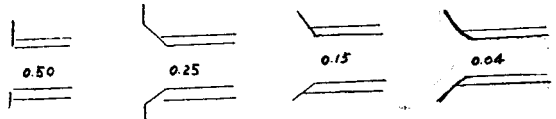
$$f = 124.6 n^2 / D^{1/3}$$

虹吸管之最下部常在地盤面以下時，因排砂管之設置困難實屬不必，但當虹吸與管渠道橋並用時可考慮之。

ii. 入口之損失水頭 ( $h_0$ )

$f$  則依管與水槽連結狀況之不同有如次之係數。

3. 斷面決定。



倒虹吸一般已知之條件為通水量 ( $Q$ ) 管長 ( $L$ )，容許落差 ( $H$ )，但在落差可以任意決定之處，依市面所製管之規格選度之。

$$\text{即 } h_f = \frac{V^2}{2g}$$

若管軸與壁面成  $\theta$  角之傾斜時  $f_0$  以  $f_0 \theta$  代替之。

$$f_0 \theta = f_0 + 0.3 \cos \theta + 0.2 \cos^2 \theta$$

### 三、倒虹吸工計算例

iii. 彎曲損失水頭 ( $h_b$ )

設計例：設計一倒虹吸，其流量為 10c.m.s 入口及出口水路之底寬 4.30m，邊坡 1:2，水深 200m，入口水路底標高 100.00。

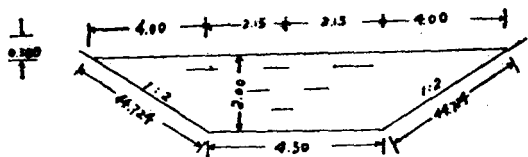
彎曲之損失水頭係管徑，曲率半徑及彎曲度數之不同而有異可由所附圖求之，或參考其他書籍查出，其係數再乘以管中之流速水頭而得。

I. 初步估計；按地形設置中央水平部份圓管為 8.00 長，管底標高 90.00m，管徑 2.30m，兩邊以  $20^\circ$  斜坡之圓管接連，進出口各置 4.60m 之漸變段連結箱型管與圓管，概略估計損失約需 0.30m，故設置出口水路底標高低於入口水路標高 0.3m，即標高 99.700m。

iv. 出口損失水頭 ( $h_c$ )

設其損失水頭為  $h_c$  則

$$h_c = f_c \frac{V^2}{2g} \quad f_c = 1.00$$



## II. 精細設計：

### A. 各断面水力條件

#### ① 水路入口及出口之断面

$$b = 4.30\text{m}$$

$$Z = 1 : 2$$

$$d = 2.00\text{m}$$

$$Q = 10.00\text{c.m.s.}$$

$$A = (4.30 + 4.00) \times 2.00 = 16.600\text{m}^2$$

$$V = \frac{10}{16.60} = 0.602\text{ m/sec}$$

$$h_v = \frac{V^2}{2g} = \frac{(0.602)^2}{19.9} = 0.0185\text{m}$$

$$V = \frac{16.60}{13.245} = 1.253\text{m} \quad n = 0.014$$

$$S = \frac{(nv)^2}{r^{4/3}} = \frac{(0.014 \times 0.602)^2}{(1.253)^{4/3}} = 0.0000525$$

#### ② 箱型管

$$\text{尺寸} = 2.30\text{m} \times 2.30\text{m}$$

$$Q = 10.00\text{ c.m.s}$$

$$A = 2.30 \times 2.30$$

$$= 5.29\text{m}^2$$

$$V = \frac{10}{5.29} = 1.89\text{m/sec}$$

$$h_v = \frac{(1.89)^2}{19.6} = 0.182\text{m}$$

$$r = \frac{5.29}{4 \times 2.30} = 0.575\text{m}$$

$$n = 0.014$$

$$S = \frac{(nv)^2}{r^{4/3}} = \frac{(0.0014 \times 1.89)^2}{(0.575)^{4/3}} = 0.00146$$

#### ③ 圓管

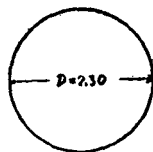
$$\text{直徑} = 2.30\text{m}$$

$$Q = 10.00\text{ c.m.s.}$$

$$A = \frac{\pi \times 2.30^2}{4} = 4.15\text{m}^2$$

$$V = \frac{10}{4.15} = 2.41\text{ m/sec}$$

$$h_v = \frac{(2.41)^2}{19.6} = 0.297\text{m}$$



(管內流速應在 1.50 至 4.50 m/sec 之間)

$$r = \frac{D}{4} = 0.575\text{m}$$

$$S = \frac{(nv)^2}{r^{4/3}} = \frac{(0.014 \times 2.41)^2}{(0.575)^{4/3}} = 0.00239$$

### B. 進口漸變槽設計

#### ① 漸變槽長度

漸變槽長度定為 10.50m，即水面線與中心線夾角為

$$\tan\phi = \frac{400 - \frac{4.30}{2} - \frac{2.30}{2}}{10.50} = 0.475$$

$$\phi = 25.90 < 30^\circ \quad \text{O.K.}$$

#### ② 截水牆位置出水高度

水深在 5~7 呎範圍，出水高應為 15 吋即 3.8cm。

#### ③ 進口胸牆 (Inlet head wall) 封水

$$\text{箱型管 } h_v = 0.182\text{m}$$

$$\text{入口 } h_v = 0.0185\text{m}$$

$$\Delta h_v = 0.182 - 0.0185 = 0.163\text{m}$$

$$1.5\Delta h_v = 1.5 \times 0.163 = 0.245\text{m} < 0.45\text{m}$$

決定採用封水為 0.45m

#### ④ 進口水胸牆出水高度

進口出水高度 2 倍於截水牆處出水高度，即 0.76m。

#### ⑤ 虹吸管胸牆處入口管底標高。

$$102.00 - 0.45 - 2.30 \sec 20^\circ = 99.103\text{m}$$

#### ⑥ 構造：

漸變槽牆頂線及扭曲牆和槽底之交線都用直線，於牆頂線兩端加  $R = 2.40\text{m}$  之曲線。(此構造物之水頭損失為  $0.1\Delta h_v$  另加摩擦損失)。

#### ⑦ 槽底縱斷曲線

$$\text{截水牆處 Sta. } 1 + 100.00 \text{ El } 100.00$$

$$\text{胸牆處 Sta. } 1 + 110.50 \text{ El } 99.103 (-0.891)$$

先按尺寸繪製虹吸管入口漸變槽底縱断面，於截水牆處至胸牆處中間繪一平滑曲線相切渠底及虹吸管底，漸變槽長度 10.50m，每隔 1.50m 作一断面。於各断面量出支距 (offset) 即截水牆處槽底至該断面槽底之落差，填入表中，算出各相隣断面之支距差，以支距差為縱坐標，断面距離為橫坐標繪製曲線，此曲線常不規則，表示槽底曲線不平滑，因此必須修正之。修正方法為該坐標不規則曲線上繪製平滑曲線，修正

之曲線上各斷面之支距差總和必須等於漸變槽底落差 0.897m。因此繪製修正曲線之要領為使在修正曲線與初繪不規則曲線之相距間隔總和為零（即修正曲線上方之間隔總和等於下方間隔總和）。如此修正至支距差總和等於落差 0.897 即所得曲線為與槽底及虹吸管底相切而落差為 0.897 之平滑曲線。本例作三次修正，支距差始與落差相合。由此得出各斷面之槽底標高。

### C. 出口漸變槽設計

#### ① 漸變槽長度

出口漸變槽長度通常取進口漸變槽長度之 1.3 倍即  $L = 1.3 \times 10.50 = 13.65\text{m}$  取 13.50m

其水面線與中心線夾角為

$$\tan\phi = \frac{4.00 - \frac{4.30}{2} - \frac{2.30}{2}}{13.5} = 0.37$$

$$\phi = 20.6^\circ < 22.5^\circ \quad \text{O.K.}$$

#### ② 截水牆位置出水高度

與進口漸變槽相同取 0.38m

#### ③ 出口胸牆 (Outlet head wall)

用虹吸管出口之垂直斷面計算  $\Delta h_v$

$$V' = V \sec 20^\circ = 1.89 \times \cos 80^\circ = 1.89 \times 0.9397 = 1.77 \text{ m/sec}$$

$$h_v = \frac{1.77^2}{2 \times 9.8} = 0.160\text{m}$$

$$\Delta h_v = 0.160 - 0.0185 = 0.158\text{m}$$

水平之昇高 =  $0.84h_v = 0.1264$

，水面計算時以胸牆出口管頂在截水牆處水面下  $\Delta h_v = 0.158\text{m}$  為計

#### ④ 出口胸牆出水高度

與進口漸變槽相同取 0.76m

#### ⑤ 虹吸管胸牆處出口底標高

$$101.700 - 0.158 - 2.30 \sec 20^\circ = 99.095\text{m}$$

#### ⑥ 構造

與入口漸變槽相同（水頭損失  $0.2\Delta h_v$  另加摩擦損失）

#### ⑦ 槽底縱斷面線；

作法與進口漸變槽相同。

### D. 管長度計算

箱型管至圓管漸變長度  $2 \times 2.30 = 4.60\text{m}$  二處共 9.20m

$$\text{圓管長度} = 25.398 + 8.00 + 25.375 + 2 \times 2.409 - 9.20 = 54.391$$

### E. 損失水頭計算

入口漸變槽（摩擦）

$$= 10.50 \times \frac{0.000025 + 0.00146}{2} = 0.00079$$

入口漸變槽（斷面變化）

$$= 0.1 \times (0.297 - 0.0185) = 0.0278$$

箱型至圓型漸變（摩擦）

$$= 2 \times 4.60 \times \frac{0.00146 + 0.00239}{2} = 0.0177$$

圓管（摩擦）

$$= 54.391 \times 0.00239 = 0.1300$$

圓管曲部

$$\Delta_1 = \Delta_2 = 20^\circ = 2 \times 0.037 \times 0.297 = 0.020$$

出口漸變槽（斷面變化）

$$= 0.2 \times (0.297 - 0.0185) = 0.0556$$

出口漸變槽（摩擦）

$$= 13.50 \times \left( \frac{0.00146 + 0.0000525}{2} \right) = 0.0079$$

合計損失 0.2689

加 算 10% 0.0269

總共水頭損失 0.2958 < 0.300

O.K.

可利用水頭 =  $102.00 - 101.70 = 0.30\text{m}$

## 四、倒虹吸自由流進口之設計

### 一、進水口應考慮之特殊情形

倒虹吸之進水口在水理設計上於胸牆處，應有一適當之封水高度，惟在若干情形下，進水口處可能不封水而其水力坡降線交於離進口若干距離之管底以致管中發生水躍，水與空氣噴滾，阻碍流水之暢通，宜設置通氣孔 (air outlets) 以除去此種運用上之困難，通常在下列二種原因，進水口流水成為自由流。

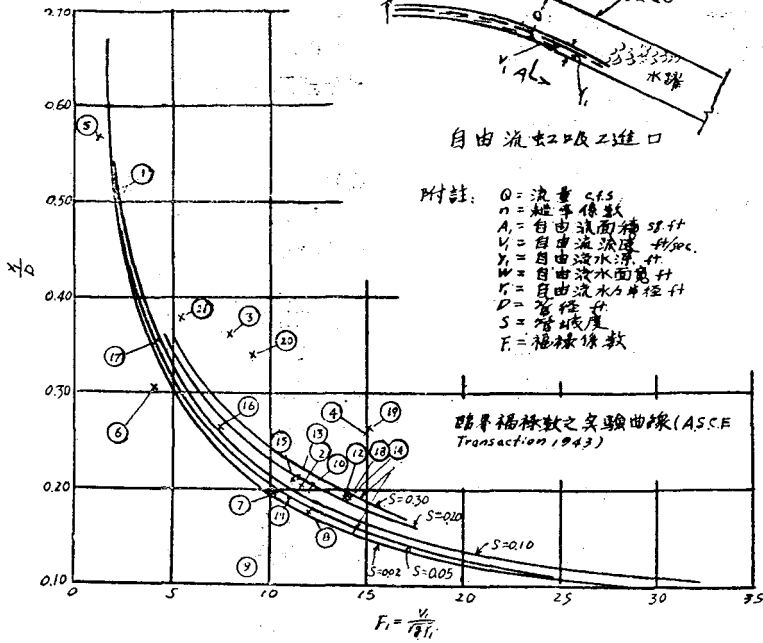
1. 長虹吸管在部份流水運用，如流量減少時。
2. 長虹吸管在全部流水運用下，當真正之摩擦係數小於設計時所假定之數值。

### 二、自由流進口之設計

1. 已知 Q，管徑 D，坡度 S，粗度係數 n
2. 求管中自由流水流  $Y_1$
3. 用 Chezy Formula  $V_1 = C_1 \sqrt{Y_1 S}$  求  $V_1$
4. 計算水面寬  $W = 2\sqrt{(D - Y_1)Y_1}$
5. 計算 Froude Number  $F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy}}$

6. 由圖表查看，該 Froude Number 之值應低於臨界曲線（由實驗而得），以便運用圓滿，不然應設置出氣孔。

於下表附有 ○ 符號之倒虹吸在運用上發生困難，於是裝置出氣孔以排出空氣與水泡。其他倒虹吸則無困難。



自由流虹吸工進口之設計

地	點	管型	Q	D	n	s	$Y_1/D$	$F_1$
1	Yakima River-Yakima Project	Cone	925	111"	0.010	0.82	0.411	2.47
2	Malkeur River-Avyhee Project	Steel	325	80"	0.010	0.213	0.205	11.60
③	Basin Siphon-King Hill	Wood	250	57"	0.012	0.17	0.360	7.90
(4)	Basin Siphon-King Hill	Cone	250	54"	0.012	0.61	0.260	14.90
5	Son Diego Sta 620+00N	"	95	54"	0.010	0.0033	0.567	1.25
6	San Diego Sta 961+00N	"	95	54"	0.010	0.029	0.305	4.10
7	San Diego Sta 1146+60N	"	95	54"	0.010	0.19	0.194	10.00
8	San Diego Sta 1545+15N	"	95	54"	0.010	0.2716	0.177	11.90
9	San Diego Sta 1817+50N	"	95	72"	0.010	0.1935	0.134	9.95
10	San Diego Sta 1873+50N	"	95	48"	0.010	0.3053	0.202	12.15
11	San Diego Sta 2200+02N	"	95	54"	0.010	0.2198	0.185	10.95
12	San Diego Sta 1303+56S	"	95	48"	0.010	0.3643	0.192	13.70
13	San Diego Sta 1217+50S	"	95	84"	0.010	0.2563	0.212	11.35
14	San Diego Sta 1073+00S	"	95	48"	0.010	0.3714	0.19	13.83
15	San Diego Sta 1073+00S	"	95	48"	0.012	0.3714	0.211	11.20
16	San Diego Sta 419+00S	"	95	48"	0.010	0.104	0.262	7.33
17	San Diego Sta 171+96S	"	95	48"	0.010	0.0336	0.355	4.17
18	San Diego Sta 79+92S	"	95	48"	0.010	0.377	0.190	13.80
⑱	High Hesa-Uncompaghre	Steel	42	26"	0.010	0.535	0.264	15.00
⑳	Cake Valley Crossing P.G.E.	"	35	24"	0.013	0.367	0.349	8.95
㉑	Lake Valley Crossin P.G.E.	"	25	24"	0.016	0.208	0.378	5.43

## 五、自由流虹吸工計算例

條件

①進出口前後之水路斷面為  $b=1.50\text{m}$

$d=1.00\text{m}$   $Q=6.24\text{C.M.S.}$   $S=1:500$

起點 No.0+100.00 水路計劃高  $E1.=45.384$

$W.S=46.384$

終點 No. 0+323.50 水路計劃高  $E1.=41.892$

$W.S=42.892$

②先初算後，再依設計步驟，決定虹吸管之斷面及各段之計劃高（詳細設計計算略）

水路進出口之斷面

底寬=1.5m

邊坡=1:1 $\frac{1}{4}$

$d_1=d_2=1.0\text{m}$

$Q=6.24\text{ C.M.S.}$

$A=2.75\text{m}^2$

$V_1=V_4=2.27\text{ m/sec}$   $h_{v_1}=h_{v_4}=0.263\text{m}$

$r=0.014$

$S=0.002$

箱型斷面

尺寸=1.4m×1.4m

$Q=6.24\text{ C.M.S.}$

$A=1.96\text{m}^2$

$V_2=3.18\text{ m/sec}$   $h_{v_2}=0.517\text{m}$

$r=0.35$

$n=0.014$

$S=0.00803$

圓管斷面

管徑=1.40m

$Q=6.24\text{ C.M.S.}$

$A=1.538\text{m}^2$

$V_3=4.06\text{ m/sec}$   $h_{v_3}=0.84\text{m}$

$r=0.35$

$n=0.014$

$S=0.01307$

### 損失水頭

入口漸變槽(摩擦) =  $6.0 \times \left( \frac{0.002 - 0.00803}{2} \right) = 0.030$

入口漸變槽(斷面變化) =  $0.2 \times (0.81 - 0.263) = 0.115$

箱型水路(摩擦) =  $2 \times 2.8 \times \left( \frac{0.00803 + 0.01307}{2} \right) = 0.059$

圓管(摩擦) =  $205.70 \times 0.01307 = 2.688$

圓管曲部  $A_1=22.3^\circ=0.041 \times 0.84 = 0.034$

圓管曲部  $A_2=21.2^\circ=0.0385 \times 0.84 = 0.032$

出口漸變槽(斷面變化) =  $0.3 \times (0.81 - 0.263) = 0.173$

出口漸變槽(摩擦) =  $8.0 \times \left( \frac{0.002 + 0.00803}{2} \right) = 0.040$

合計損失 3.171

加算10% 0.317

總水頭損失 3.488 < 3.492  
O.K

③當流量 $Q$ 在部份流量運用時，其水頭損失如下：

現假定  $q=12$   $Q=12 \times 6.24 = 3.12\text{ C.H.S.}$

水路入口及出口之斷面  $V_1=V_4=1.87\text{ m/sec}$

$h_{v_1}=h_{v_4}=0.179\text{m}$

底寬=1.50m

$r=0.445$

邊坡=1:1 $Y_4$

$n=0.014$

$d_1=d_2=0.70\text{m}$

$S=0.002$

$Q=3.12\text{ C.M.S.}$

箱型斷面

尺寸=1.4m×1.4m

$Q=3.12\text{ C.M.S.}$

$r=0.35$

$A=1.96\text{m}^2$

$n=0.014$

$V_2=1.59\text{ m/sec}$   $h_{v_2}=0.129\text{m}$   $S=0.00202$

圓管斷面

管徑=1.40m

$Q=3.12\text{ C.M.S.}$

$A=1.538\text{m}^2$

$V_3=2.03\text{ m/sec}$   $h_{v_3}=0.21\text{m}$

$r=0.35$

$n=0.014$

$S=0.003268$

### 損失水頭

入口漸變槽(摩擦) =  $6.0 \times \left( \frac{0.002 + 0.00202}{2} \right) = 0.012$

入口漸變槽(斷面變化) =  $0.2 \times (0.21 - 0.179) = 0.006$

箱型水路(摩擦) =  $2 \times 2.8 \times \left( \frac{0.00202 + 0.003268}{2} \right) = 0.015$

圓管(摩擦) =  $205.70 \times 0.003268 = 0.672$

圓管曲部  $A_1=22.3^\circ=0.041 \times 0.21 = 0.008$

圓管曲部  $A_2=21.2^\circ=0.0385 \times 0.21 = 0.008$

出口漸變槽(斷面變化) =  $0.3 \times (0.21 - 0.179) = 0.009$

出口漸變槽(摩擦) =  $8.0 \times \left( \frac{0.002 + 0.00202}{3} \right) = 0.016$

合計損失 0.746

加算10% 0.075

總水頭損失 0.821

上下游水路勢力線標高差

3.492

總水頭損失僅 0.821m，然其上游勢力線標高仍為 3.492m，水頭剩餘甚多，其水力坡降線交於進口下之槽底以致進口不封水而管中發生水躍，故在此種情形下必須檢討進口處之自由流。

2. 進口自由流之檢討

①條件： $q=3.12$  C.M.S.,  $D=140$ m  
 $S=0.41013(\tan 22^\circ 18')$ ,  $n=0.014$

②求管中自由流水深 $Y_1$

用管中水深試算表 (Manning's Formula) 計算

$$K=1.486 \frac{Qn}{S^{1/2} D^{8/3}} = 0.0414 \text{查表}$$

求得  $Y_1/D=0.202$   $Y_1=0.202 \times 1.40=0.283$

③用 Chezy Formula  $V_1=C\sqrt{r_1S}$  求 $V_1$

$Y_1/D=0.202$ 時  $r_1/D=0.1217$

$A_1/D_2=0.1134$

$r_1=0.1217 \times 1.4=0.170$ m

$A_1=0.1134 \times 1.4^2=0.223$ m<sup>2</sup>

由表求得  $V_1=C\sqrt{r_1S}=14.0$  m/sec

④計算水面寬 $W$

$$W=2\sqrt{(D-Y_1)Y_1}=2 \times \sqrt{(1.4-0.283) \times 0.283}=1.125$$

⑤計算 $Y_e$

$$Y_e = \frac{A_1}{W} = \frac{0.223}{1.125} = 0.198$$

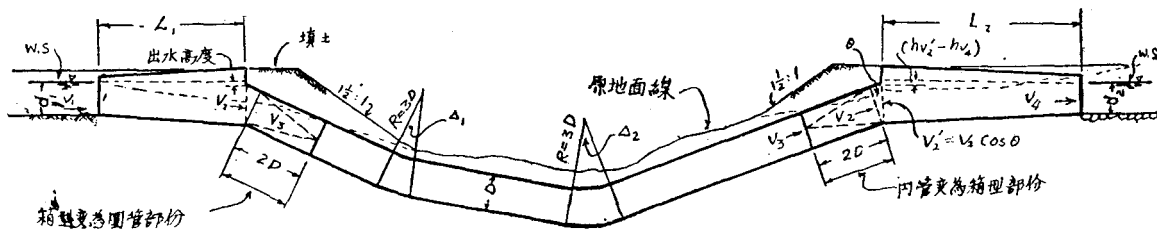
⑥計算 $F_1$

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gY_e}} = \frac{14.09}{\sqrt{8 \times 0.198}} = 10$$

⑦ $F_1=10$   $Y_1/D=0.202$  由圖表查得  $F_1$ 之值位於臨界曲線下，故運用上仍無困難。

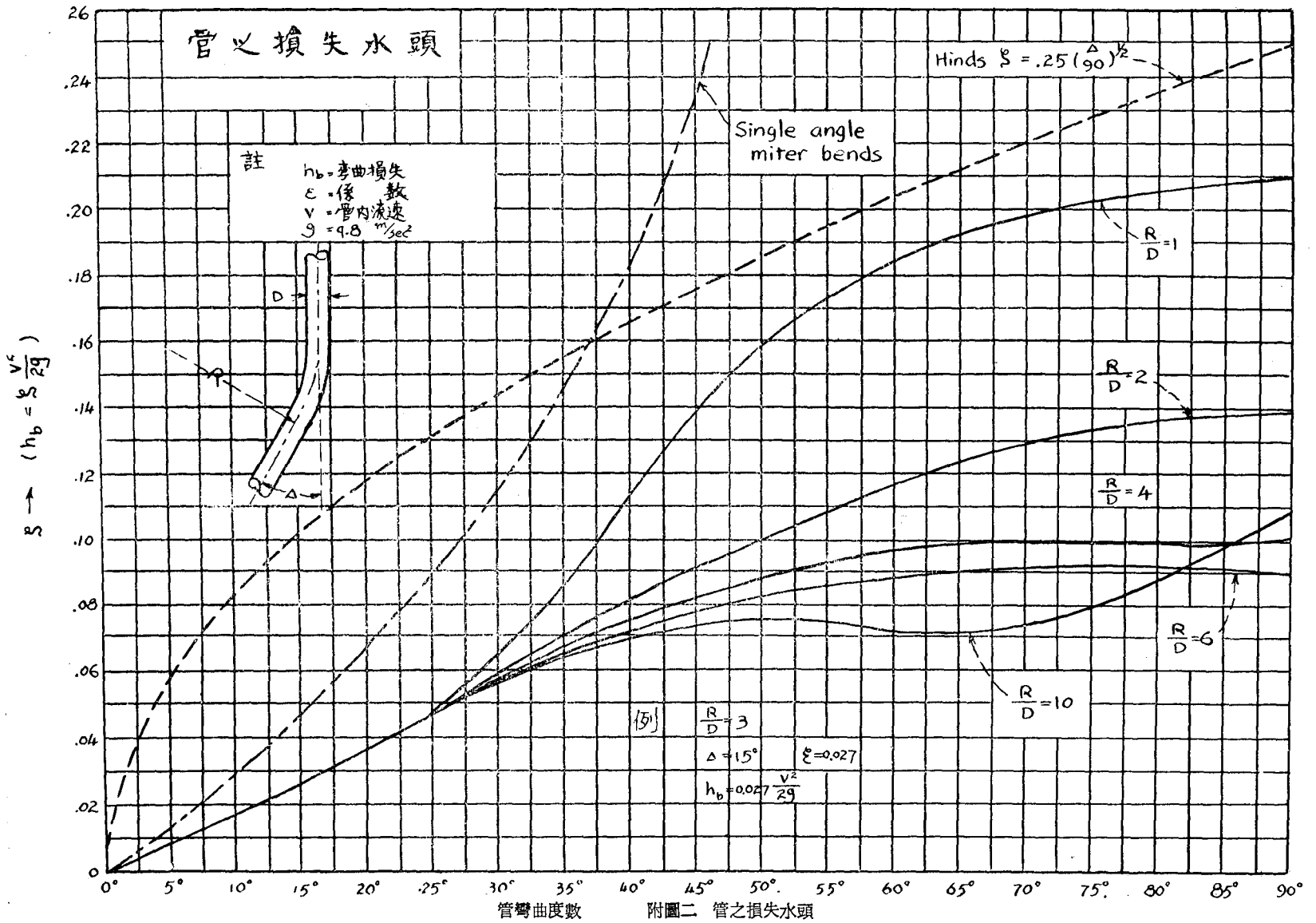
參考文獻

1. Open Channel Hydraulics Ven Te Chow
2. 農業土木ハンドブック 日本農業土木學社
3. 土地改良事業計劃設計標準第三部第五編。日本農林省農地局。
4. 灌溉工程設計講義 (未出版) 洪有才

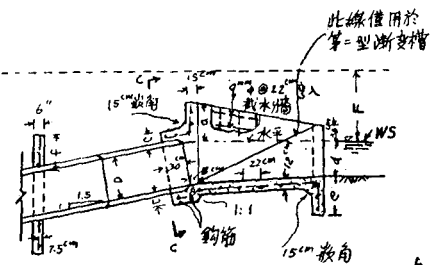
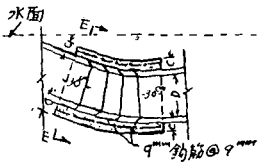
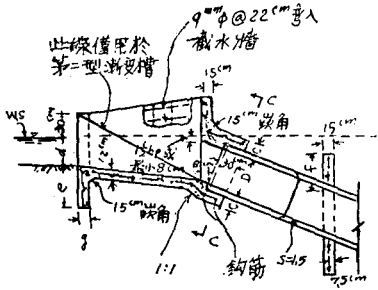
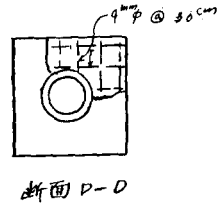
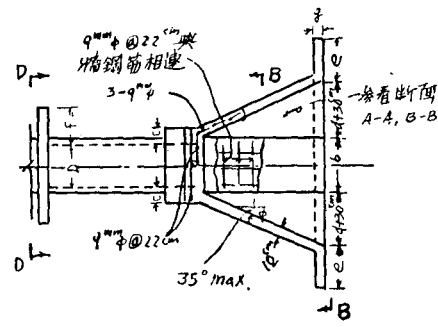
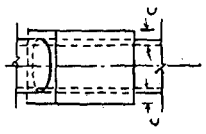
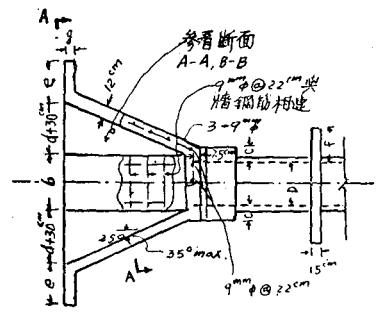


附圖一 虹吸工佈置圖

# 管彎曲損頭係數表



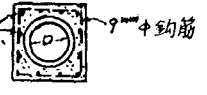




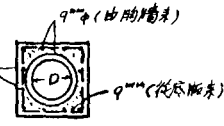
尺寸表 (inch)

D	a	b	c	F	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	F	h
12	12	18	6	21	18	20	5	15
15	12	22	8	19	18	20	5	15
18	12	28	10	18	18	20	5	15
21	18	29	9	18	18	21	6	16
24	18	32	9	15	18	21	6	16
27	21	36	9	12	18	21	6	16
30	24	39	9	12	24	21	6	18
33	24	43	10	10	24	26	6	18
36	24	46	10	10	24	26	6	18

縱断面图



断面 E-E



断面 C-C

附註:

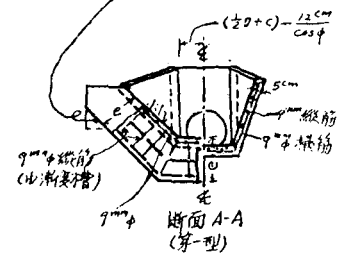
h<sub>1</sub> = 波浪時管中流速水頭  
 h<sub>2</sub> = 深流中流速水頭  
 F = 因出口本身引起之落差

第一型及第二型水塔均可用於進口及出口  
 截水塔當 c = 45° 時用 = 係筋 c = 60° 時用三條筋

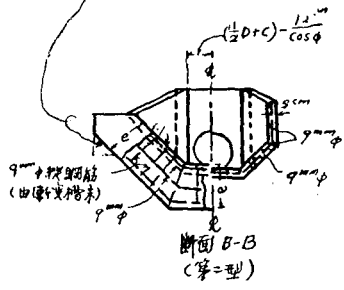
最小 F = 110(a.s(h<sub>1</sub> - h<sub>2</sub>) + 滿流時管之摩擦損失)

表上 b 值可以改變 (當深寬大於表上 b 時)

增加厚度之普通混凝土翼牆 (看需要), 只須伸入地面線下 30cm



断面 A-A (第一型)



断面 B-B (第二型)

附圖三. 小型虹吸工標準圖 (預製混凝土管)