

灌溉系統構造物之設計與實例

農業工程學會自農工通記以至改為農工學報以來，於茲八載。本篇為應會員之要求，特商請洪有才會員就灌溉系統之主要構造物設計，以簡明實用之敘述附以實例，以供基層設計人員之參考。本文將包括明渠之設計，量水設備，分水工，跌水工及陡槽，倒虹吸工，渡槽，側溢道，農路橋，流入工及流末工，暗渠及隧道，沈砂池構造物等項。自本期開始將分期連載。此為本學報編輯上之一項新嘗試，亦為本學報對會員之一項服務。編者除鄭重介紹外，並對洪會員之熱忱表示謝意。

編者識

明渠水理與設計之一(等速定流渠道)

(Hydraulics of open channel and its design)-

Uniform flow channel

洪 有 才

一、概 述

明渠中水流有定流 (Steady flow) 與不定流 (Unsteady flow) 之分。定流與不定流完全以時間作為衡量標準，凡水流在明渠某一時間領域中不變水深者稱之定流，相反，渠中水流深度隨時間而變化者稱為不定流。茲將定流與不定流再分之如下：

A 定 流

1. 等速流 (Uniform flow)
2. 變速流 (Varied flow)
 - a. 緩慢變速流 (Gradually varied flow)
 - b. 突變速流 (Rapidly varied flow)

B 不定流 (Unsteady flow)

1. 不定等速流 (Unsteady uniform flow)
2. 不定變速流 (Unsteady flow nor unsteady varied flow)
 - a. 緩慢變速不定流 (Gradually varied unsteady flow)
 - b. 突變速不定流 (Rapidly varied unsteady flow)

明渠中水流狀態有如上所示之多，然在灌溉工程上應用者以定流最為普遍，定流中亦以等速流為最，變速流次之，至於不定流則如洪流 (Floods)，洶湧 (Surges)、波浪 (Waves) 等，非本文所談及，本文乃對定流中之等速流與變速流之水力性及其應用加以說明與設計。等速流與變速流之區別乃以空間 (

Space) 為準則，凡水流在渠中任何斷面均不變水深者稱為等速流 (Uniform flow)，否則稱為變速流 (Varied flow)。茲將等速定流渠道之水力性及其設計論述於下：

二、等速定流渠道

等速定流乃渠道水力學中最基本型之水流，其水深，通水斷面積，流速，流量，在渠道任何縱斷面上均保持定值，其能量線 (Energy line)，水面線 (Water surface line)，及渠道底縱坡線 (Channel bottom line) 亦相互平行。

A 等速定流明渠斷面之水力要素

構成等速定流渠道斷面之水力要素，視渠道斷面之形狀而異，大致可分為梯形或矩形和圓形斷面之水力要素。

- 1 梯形或矩形渠道之五要素：
糙率、側坡、縱坡、水深及底寬。
- 2 圓形斷面渠道之四要素：
糙率、縱坡，水深及直徑。

茲將各種構成渠道斷面之水力要素說明其性質與規格如下：

a. 糙率 (Roughness)

糙率常以“n”記號表示，為水流移動時與渠道內側或因水流之內粘力所致之一種抵抗，隨構築渠道材料性質而變化。Ganguillet-kutter 氏曾對各種不同構築材料加以檢定求出各種渠道材料 n 值之範圍及平均值，茲列於表一：

表一 Ganguillet-kutter 氏公式之 n 值

材料及潤週之狀況	甚佳	佳	平常	劣
未塗漆之生鐵水管	0.012	0.013	0.014	0.015
塗漆之生鐵水管	0.011	0.012	0.013	—
塗黑之熟鐵水管	0.012	0.013	0.014	0.015
電度之熟鐵水管	0.013	0.014	0.015	0.017
絞釘螺旋鐵水管	0.013	0.015	0.017	—
粘土瓦管	0.011	0.012	0.014	0.017
水泥漿砌磚工	0.012	0.013	0.015	0.017
混凝土管	0.012	0.013	0.015	0.016
水泥漿鋪面	0.011	0.012	0.013	0.015
木板水管	0.010	0.011	0.012	0.013
木板水槽：				
① 鉋平者	0.010	0.012	0.013	0.014
② 未鉋	0.011	0.013	0.014	0.015
③ 以木條釘住者	0.012	0.015	0.016	—
混凝土渠道	0.012	0.014	0.016	0.018
水泥砌石	0.017	0.020	0.025	0.030
乾砌石面	0.025	0.030	0.033	0.035
整齊琢石面	0.013	0.014	0.015	0.017
光滑金屬半圓渠槽	0.011	0.012	0.013	0.015
綉紋金屬半圓渠槽	0.0225	0.025	0.0275	0.030
土渠：				
① 土質平直整齊	0.017	0.020	0.0225	0.025
② 鑿石光滑整齊	0.025	0.030	0.033	0.035
③ 鑿石參差不齊	0.035	0.040	0.045	—
④ 紆曲流緩	0.0225	0.025	0.0275	0.030
⑤ 已疏浚土渠	0.025	0.0275	0.030	0.033
渠底粗石兩岸莠草叢生	0.025	0.030	0.035	0.040
土底岸坡砌石	0.028	0.030	0.033	0.035

(b) 渠道側坡 (side slopes of channel)
土渠內土質之不同，其側坡有如下之標準

渠道側坡 1:Z(豎:橫)

土質	挖土	(填土外坡)		填土(內坡)			
		3m以下	3m以上	1m	2m	3m	4m
砂壤土	1.5~1.8	2.0	2.5	1.8	2.0	2.2	2.5
砂礫土	1.0~1.5	1.8	2.2	1.5	1.8	2.0	2.2
壤土	0.5~1.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	2.0
粘壤土	0.5~1.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	2.0
粘礫土	0.5~1.0	1.5	2.0	1.2	1.5	1.8	2.0
碎石	—	1.2	1.8	1.0	1.2	1.5	1.8
岩石	0~0.8	—	—	—	—	—	—

(c) 容許流速 (Permissible velocity)

①最大容許流速，依內面工材料有如下之規定：

砂質土	0.45 m/sec	中度岩	2.50 m/sec
砂質壤土	0.60 "	硬岩	4.00 "
壤土	0.75 "	混凝土	4.00 "
粘質壤土	0.90 "	乾砌塊石	1.50 "
粘土	1.20 "	(厚30cm以下)	
砂粘土	1.50 "	乾砌塊石	2.00 "
軟岩	2.00 "	(厚30cm以上)	
		漿砌塊石	3.00 "

②容許最小平均流速

渠水含砂量少時為 0.6m/sec~0.9m/sec
防止長草之流速為 0.75m/sec

(d) 渠道縱坡 (Longitudinal slope of Channel)

渠道縱坡視地形而定，應配合地形求得最經濟之土方，盡量增加流速縮小断面，但不致產生冲刷與淤積。安全縱坡與土質之大略關係列如下：

容許最大縱坡					
土質	重粘土	礫石土	砂土	腐植土	粉泥
縱坡	1/150	1/250	1/800	1/1,000	1/10,000

B 明渠水流之水位變化 (changes of flow stage in open channel)

在明渠中以一定之斷面對一定流量所得最小能量時之水深，或以一定之比能量 (Specific energy)，能通過最大流量時之水深，稱為臨界水深 (critical depth)，此水深與糙率無關即以一定流量依断面而定。

即使以定流量通過某定断面時，其臨界水深亦一定，若水深超過臨界水深時稱此水流為常流 (Subcritical flow)，當時之水深稱為常流水深 (Subcritical depth)。若水深低於臨界水深時之水流稱為射流 (supercritical flow)，此時之水深稱為射流水深 (supercritical depth)。常流水深與射流水深均可由等速定流公式求得。以下所列者為矩形、梯形、圓形断面求臨界水深之方法：

1. 矩形断面臨界水深之求法：

$$dc = 3\sqrt{\frac{\alpha Q^2}{b^2 g}} \dots \dots \dots (1)$$

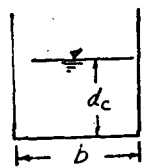
式中 d = 臨界水深 (m)

$\alpha = 1.1$

Q = 流量 (c.m.s)

b = 底寬 (m)

g = 重力加速度 (9.8m/sec²)



圖一 矩形断面渠道

2. 梯形断面臨界水深之求法：

$$\frac{\alpha Q^2}{b^5} = g \left(\frac{d_0}{b} \right)^3 \frac{\left(1 + Z \frac{d_0}{b} \right)^3}{\left(1 + 2Z \frac{d_0}{b} \right)} \dots \dots \dots (2)$$

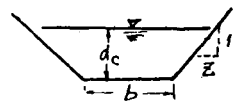
式中 Q = 流量 (c.m.s)

b = 底寬 (m)

Z = 側坡 (1:Z)

d = 臨界水深 (m)

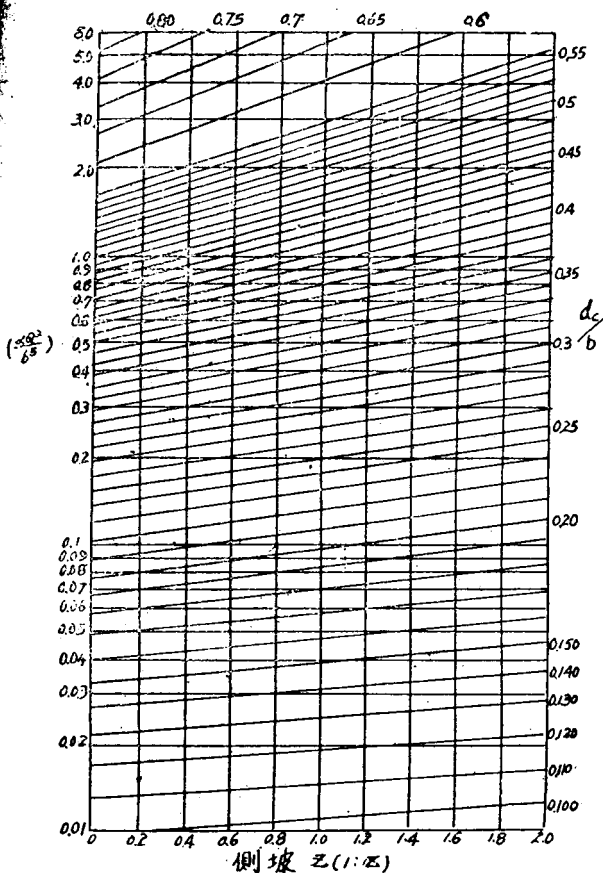
g = 重力加速度 (9.8m/sec²)， $\alpha = 1.1$



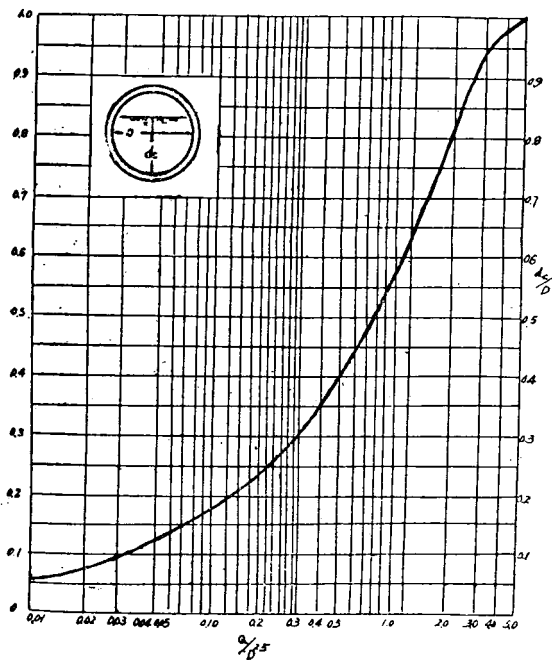
圖二 梯形断面渠道

3. 圓形断面臨界水深之求法：

$$\frac{Q}{D^{2.5}} = 1.543 \left\{ \frac{d_c}{D} - \left(\frac{d_c}{D} \right)^2 \right\}^{1/4}$$



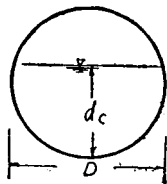
圖四 梯形渠道之臨界水深



圖五 圓形斷面之臨界水深

$$\left[\frac{1}{\pi} \left\{ \cos^{-1} \left(1 - 2 \frac{d_0}{D} \right) - 2 \left(1 - 2 \frac{d_0}{D} \right) \sqrt{\frac{d_0}{D} - \left(\frac{d_0}{D} \right)^2} \right\} \right]^{3/2} \dots \dots \dots (3)$$

式中 Q = 流量 (c.m.s)
 D = 圓管直徑 (m)
 d₀ = 臨界水深 (m)



圖三 圓形斷面渠道

公式 (1) 之求法較簡，但公式 (2) 及 (3) 較繁，吾人知流量 Q，並假定 b 或 D，則公式 (2) 及 (3) 之左邊為已知，並用試算

假定 $\frac{d_0}{b}$ 或 $\frac{d_0}{D}$ ，則可求得 d₀ 值。此法如每次計算時均試算則甚煩繁，左圖為式 (2) 及 (3) 以 $\frac{\alpha Q^2}{b^5}$ 及 $\frac{Q}{D^{2.5}}$ 對應 $\frac{d_c}{b}$ 及 $\frac{d_c}{D}$ 所繪成者，可不必假定 $\frac{d_0}{b}$ 或 $\frac{d_0}{D}$ 而試算，直接假定 b 或 D 即可查出 $\frac{\alpha Q^2}{b^5}$ 或 $\frac{Q}{D^{2.5}}$ 所對應之 $\frac{d_c}{b}$ 或 $\frac{d_c}{D}$ 值，由此得出臨界水深。

C 決定渠道斷面之因素

1. 決定渠道斷面六原則

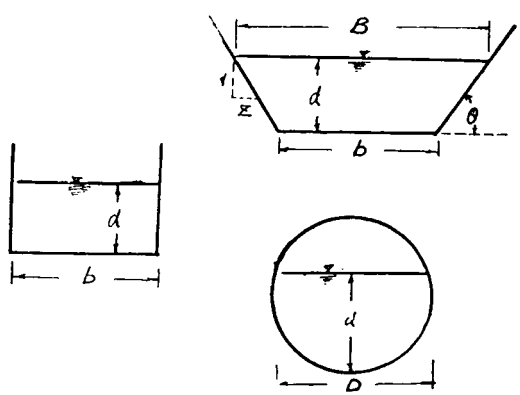
a. 應具最佳水力性斷面：

所謂最佳水力性斷面 (The best hydraulic Section)，係指對於一定通水斷面 A，其週潤 P 值最小而言，亦即指水力半徑 (Hydraulic Radius) 最大之斷面。圓形、矩形及圓形斷面之最佳水力斷面列如下：

圓形： $b = 2H \tan \frac{\theta}{2}$ $l = \frac{B}{2}$ $R = \frac{d}{2}$ (4)

矩形： $b = 2H$ (5)

圓形： $d = 0.94 D$ (7)



圖六 渠道斷面矩形梯形圓形一般情形

b. 滲透最少斷面：

渠道滲透量除表土，下層土質，地下水位高低外，與水力半徑成正比，並與水深有關，滲透損失水量與水深之平方根有如下之關係。

$$S_y = C\sqrt{d_y} \dots\dots\dots (7)$$

式中 S_y = 某點之浸透損失量

C = 依土質或地下水位高低之係數

渠道側坡平均滲透強度等於底之 $\frac{2}{3}$ ，設 S 為渠道單位長度之滲透量則得

$$S = C\sqrt{d} \left(b + \frac{4}{3} \frac{d}{\sin\theta} \right) = C \left\{ A \left(\frac{b}{d} + \cot\theta \right) \right\}^{3/2} \left(\frac{b}{d} + \frac{4}{3\sin\theta} \right) \dots\dots (8)$$

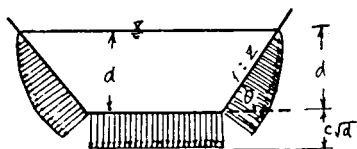
設 A 為定數，以 S 為最小時求 $\frac{b}{d}$ ，微分 (8)

式得

$$\frac{dS}{d(b/d)} = 0 \quad \therefore \frac{b}{d} = 4 \left(\frac{1 - \cos\theta}{\sin\theta} \right) = 4 \tan \frac{\theta}{2} \dots\dots\dots (9)$$

$$H = \sqrt{\frac{A \sin\theta}{4 - 3 \cos\theta}}, \quad b = 4H + \tan \frac{\theta}{2} \dots\dots (10)$$

由此觀之，梯形最少滲透斷面底寬與水深比為最佳水力性斷面之兩倍。



圖七 梯形渠道斷面滲透圖形

c. 渠道之安定：

設於山腰部之渠道，對此問題尤其重要，若水位浸及填土部份則其流出之水量因水壓之增大而增加，容易招至危險，故應將其通水斷面設計於挖土部份或必要時加以內面工。

d. 挖掘容易又經濟之斷面：

渠道水深增加則掘削單價亦增高，其殘土放置之距離愈遠費用愈增，土渠經濟之決定要素均賴於此。

e. 渠道側坡與底均不受冲刷：

渠道內水流流速應中庸為佳，更不能超出該渠構築材料容許最大流速。

f. 渠道應不發生淤積：

渠道內之流速應中庸，其流速亦不能低於該渠構築材料最小容許流速。

總上六點吾人必須切實注意，設計一渠道當然難

於求到具備所有條件，惟須盡可能合乎理想。諸如最佳水力性之渠道則合乎內面工渠道，但未必合於土渠，而滲透量最少之斷面可能合乎土渠，然在內面工渠道則不盡然。

2. 等速定流公式：

等速定流之渠道中求平均流速公式大別為塞斯 (Chezy) 型與指數型兩類，茲分述於次：

a. 塞斯 (Chezy) 型公式：

塞斯 (Chezy) 為法國人於 1769 年發現等速定流公式，此公式因此稱為塞斯公式，茲列於下：

$$V = C\sqrt{RS} \dots\dots\dots (11)$$

式中 V = 平均流速 (m/sec)

C = 水流抵抗係數

R = 水力半徑

S = 能量線坡度 (等速定流時此坡度與水面線及渠道底縱坡線坡度相同)

式中係數 C 一般以表示潤週狀態之糙率 n ，水力半徑 R 及水面降坡 S 之函數表示。於 1869 年有兩位瑞士工程師 Ganguillet 和 Kutter 曾將塞斯公式中之係數加以檢定茲列於次：

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{S}) \frac{n}{\sqrt{R}}} \dots\dots (12)$$

式中 n = 糙率

S = 水面降坡

R = 水力半徑 (m)

故得一塞斯型公式求平均流速之代表型公式如次

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{S}) \frac{n}{\sqrt{R}}} \sqrt{RS} \dots\dots\dots (13)$$

式中 V 平均流速 (m/sec)

n = 糙率，參照前節糙率

應用 (Kutter) 公式最重要者乃選定適當之 n 值。

Hughes 及 Safford 兩氏對 Kutter 公式之精確度有如下之建議：

① 水力半徑 $R > 3.0^m$ 或流速 = 3.0 m/sec 或水面降坡 $< \frac{1}{1000}$ ，使用時應加注意。水力半徑 6.0^m 或流速 $6^m/sec$ 以上時，Kutter 公式不太能信賴。

② Kutter 公式求出之流速含有 5% 以內之誤差。

③ 水面降坡 $> \frac{1}{1000}$ 時，求係數 C 中之 S 值以

$\frac{1}{1000}$ 計算與用精密降坡計算數值之差，總在容許誤差限度內。

④水面降坡在 $\frac{1}{1000} \sim \frac{1}{250}$ 之間，取任何 n 或 R 值其 C 值之變化不超過 4%，實際使用之 n 及 R 值之範圍，亦不致使 C 值之變化超過 2%。

其他如 Bazin 公式因應用範圍更小，不喜被採用，茲不擬介紹，請看其他有關水利工程之書籍。

b. 指數型公式

指數型公式之通式為

$$V = C R^m S^k \dots\dots\dots (14)$$

式中 V = 平均流速 (m/sec)

R = 水力半徑 (m)

S = 水面降坡

適當選定指數公式中之 m, k 值， C_1 值僅為糙率之函數與 R, S 無關。一渠道不論其 R 或 S 為如何， c, m, k 值恒為同一值，因此求一水位，水面降坡有變異之同種同型渠道之平均流速甚為方便。實驗所得 c, m, k 值因斷面積及潤週之微小差異而生不連續變化，不能以一渠道推測類似渠道之值，故此種型式之公式，主要應用於管道或一定形之內面工渠道較為妥當，此公式係愛爾蘭工程師曼寧 (Manning) 所創，為目前最被人喜歡採用之公式，在土渠設計方面亦被採用，茲將該指數型公式之代表性者，即已決定 c, m, k 值之公式列如次：

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (15)$$

式中 V = 平均流速 (m/sec)

n = 糙率 (即採用 Ganguillet-kutter 之 n 值)

R = 水力半徑 (m)

S = 水面降坡

曼寧公式與其他公式之比較

(1) 此式當 $R > 0.5m, n < 0.03, S > \frac{1}{5,000}$ 範圍時

實測值或 Ganguillet-kutter 式之值完全符合。

② n 採用 Ganguillet-kutter 之 n 值。

③ Ganguillet-kutter 氏公式在同一渠道中，水深大時比水深小時，使用之 n 值應較小方能與實測值符合，採用曼寧公式則否。

④若 c 或 n 值僅以糙率定之，則曼寧公式適用於糙率 0.02 以下，水力半徑在 4m 以下。

3. 等流渠道水深直接計算法

因曼寧公式計算簡單且具有相當確實性，故以下所述者均以曼寧公式為例。依曼寧公式

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

設流水斷面積為 A ，流量為 Q ，則由連續方程 $Q = A \cdot V$ 得

$$Q = \frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} S^{1/2} \text{ (m}^3/\text{sec)} \dots\dots\dots (16)$$

a. 梯形及矩形斷面時：

設底寬 = b ， $A = \alpha b^2$ ， $R = \beta b$ 則 (16) 式變為

$$Q = \frac{1}{n} \alpha b^2 (\beta b^{2/3} S^{1/2})$$

將設計上已知之 Q, b, S 移至左邊得

$$\frac{Qn}{b^{5/3} S^{1/2}} = \alpha \beta^{2/3} \dots\dots\dots (17)$$

設任意水深為 d 則流水斷面積 $A = d(b + Zd)$ ，

$$\text{水力半徑 } R = \frac{d(b + Zd)}{d + 2\sqrt{1 + Z^2} d}$$

$$\therefore \alpha = \frac{A}{b^2} = \frac{d}{b} \left(1 + Z \frac{d}{b}\right)$$

$$\beta = \frac{R}{b} = \frac{\frac{d}{b} \left(1 + Z \frac{d}{b}\right)}{1 + 2\sqrt{1 + Z^2} \frac{d}{b}}$$

由 (17) 式得

$$\frac{Qn}{b^{5/3} S^{1/2}} = \left(\frac{d}{b}\right)^{5/3} \frac{\left(1 + Z \frac{d}{b}\right)^{5/3}}{\left(1 + 2\sqrt{1 + Z^2} \frac{d}{b}\right)^{2/3}} \dots\dots\dots (18)$$

如斷面為矩形時 $Z = 0$ 而

$$\frac{Qn}{b^{5/3} S^{1/2}} = \left(\frac{d}{b}\right)^{5/3} / \left(1 + \frac{2d}{b}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (19)$$

由 (18) 或 (19) 式，先以右邊之 Z 及 $\frac{d}{b}$ 列算與左邊相當值之表，再將設計上已知之 Q, S, b, n 代入左邊出即可直接求出 $\frac{d}{b}$ ($\frac{Qn}{b^{5/3} S^{1/2}}$ 之相當值)，然後計算 d 值，不必利用試算法。茲將 $\frac{d}{b}$ ， $\frac{Qn}{b^{5/3} S^{1/2}}$ ，及 Z 算值之對應值列如表二：

表二 $\frac{d}{b}$, $\frac{Q_n}{b^3/S^{1/2}}$, Z之對應表

$\frac{Q_n}{b^3/S^{1/2}}$ (單位公尺)

d/b	Z=0	Z= $\frac{1}{4}$	Z= $\frac{1}{2}$	Z= $\frac{3}{4}$	Z=1	Z= $1\frac{1}{4}$	Z= $1\frac{1}{2}$	Z=2	Z= $2\frac{1}{2}$	Z=3	Z=4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0.02	0.00143	0.00145	0.00145	0.00146	0.00147	0.00147	0.00148	0.00149	0.00149	0.00150	0.00151
0.03	0.00279	0.00282	0.00285	0.00287	0.00289	0.00290	0.00291	0.00294	0.00296	0.00298	0.00302
0.04	0.00445	0.00451	0.00457	0.00461	0.00464	0.10468	0.00471	0.00476	0.00481	0.00480	0.00495
0.05	0.00637	0.00649	0.00659	0.00667	0.00673	0.00680	0.00686	0.00693	0.00703	0.00713	0.00734
0.06	0.00855	0.00875	0.00888	0.00902	0.00915	0.00922	0.00929	0.0949	0.00962	0.00976	0.010
0.07	0.0109	0.0112	0.0114	0.0116	0.0118	0.0119	0.0121	0.0123	0.0125	0.0128	0.0132
0.08	0.0135	0.0139	0.00142	0.0145	0.0147	0.0149	0.0151	0.0155	0.0158	0.0162	0.0168
0.09	0.0162	0.0168	0.00172	0.0176	0.0180	0.0182	0.0186	0.0190	0.0195	0.0199	0.0207
0.10	0.0191	0.0197	0.0205	0.0209	0.0213	0.0217	0.0221	0.0227	0.0234	0.0240	0.0252
0.11	0.0221	0.0229	0.0238	0.0244	0.0250	0.0255	0.0260	0.0269	0.0277	0.0285	0.0301
0.12	0.0252	0.0264	0.0274	0.0282	0.0289	0.0296	0.0302	0.0313	0.0324	0.0334	0.0354
0.13	0.0285	0.0299	0.0312	0.0322	0.0331	0.0339	0.0347	0.0361	0.0374	0.0386	0.0412
0.14	0.0319	0.0337	0.0355	0.0364	0.0375	0.0385	0.0394	0.0411	0.0427	0.0443	0.0474
0.15	0.0355	0.0375	0.0393	0.0408	0.0422	0.0433	0.0445	0.0465	0.0485	0.0503	0.0542
0.16	0.0391	0.0414	0.0437	0.0454	0.0470	0.0484	0.0497	0.0522	0.0546	0.0569	0.0614
0.17	0.0429	0.0457	0.482	0.0503	0.0521	0.0538	0.0554	0.0583	0.0610	0.0637	0.0693
0.18	0.0467	0.0800	0.0528	0.0553	0.0575	0.0594	0.0612	0.0647	0.0680	0.0707	0.0774
0.19	0.0506	0.0544	0.0577	0.0606	0.0630	0.0653	0.0673	0.0713	0.0754	0.0787	0.0861
0.20	0.0547	0.0589	0.0627	0.0659	0.0686	0.0713	0.0740	0.0781	0.0828	0.0868	0.0949
0.21	0.0588	0.0635	0.0980	0.0713	0.0747	0.0774	0.0809	0.0855	0.0902	0.0956	0.105
0.22	0.0629	0.0680	0.0734	0.0774	0.0808	0.0841	0.0875	0.0935	0.0989	0.104	0.115
0.23	0.0671	0.0734	0.0787	0.0835	0.0875	0.0906	0.0949	0.102	0.103	0.114	0.126
0.24	0.0713	0.0781	0.0841	0.0895	0.0935	0.0983	0.102	0.110	0.116	0.124	0.137
0.25	0.0760	0.0835	0.0895	0.0956	0.1010	0.106	0.110	0.118	0.126	0.134	0.149
0.26	0.0801	0.0882	0.0956	0.102	0.108	0.113	0.118	0.127	0.136	0.145	0.162
0.27	0.0848	0.0935	0.102	0.109	0.115	0.121	0.127	0.137	0.147	0.156	0.175
0.28	0.0895	0.0989	0.108	0.116	0.122	0.129	0.135	0.146	0.157	0.168	0.185
0.29	0.0935	0.104	0.114	0.122	0.130	0.137	0.144	0.156	0.168	0.180	0.203
0.30	0.0983	0.110	0.120	0.130	0.138	0.146	0.153	0.167	0.180	0.192	0.218
0.31	0.103	0.116	0.127	0.137	0.146	0.155	0.163	0.178	0.192	0.206	0.234
0.32	0.103	0.121	0.134	0.145	0.155	0.164	0.172	0.189	0.205	0.220	2.250
0.33	0.112	0.127	0.141	0.153	0.164	0.173	0.182	0.201	0.217	0.234	0.267
0.34	0.117	0.133	0.147	0.160	0.172	0.183	0.194	0.212	0.231	0.248	0.284
0.35	0.121	0.139	0.155	0.169	0.182	0.194	0.204	0.225	0.244	0.264	0.303
0.36	0.128	0.145	0.162	0.177	0.190	0.203	0.215	0.238	0.258	0.280	0.321
0.37	0.132	0.151	0.169	0.185	0.200	0.213	0.226	0.250	0.273	0.296	0.341
0.38	0.137	0.157	0.177	0.194	0.207	0.224	0.238	0.264	0.289	0.313	0.361
0.39	0.141	0.164	0.184	0.203	0.219	0.235	0.250	0.277	0.304	0.330	0.382
0.40	0.147	0.171	0.192	0.211	0.229	0.246	0.262	0.291	0.320	0.349	0.404
0.41	0.151	0.177	0.200	0.221	0.240	0.258	0.275	0.306	0.337	0.367	0.427
0.42	0.157	0.188	0.209	0.230	0.251	0.270	0.287	0.322	0.354	0.386	0.450
0.43	0.162	0.190	0.216	0.240	0.262	0.281	0.301	0.337	0.372	0.405	0.473
0.44	0.168	0.197	0.225	0.250	0.273	0.294	0.314	0.353	0.390	0.427	0.497
0.45	0.172	0.204	0.233	0.259	0.284	0.306	0.328	0.369	0.408	0.448	0.524
0.46	0.177	0.211	0.342	0.270	0.295	0.320	0.343	0.386	0.427	0.468	0.549
0.47	0.182	0.217	0.250	0.281	0.308	0.332	0.357	0.404	0.448	0.491	0.576
0.48	0.188	0.224	0.258	0.291	0.320	0.346	0.371	0.421	0.468	0.513	0.604
0.49	0.194	0.232	0.268	0.302	0.331	0.359	0.387	0.439	0.488	0.536	0.632
0.50	0.199	0.240	0.277	0.312	0.345	0.374	0.403	0.457	0.510	0.561	0.662
0.52	0.209	0.254	0.295	0.334	0.369	0.403	0.435	0.495	0.552	0.610	0.720
0.54	0.220	0.268	0.315	0.357	0.397	0.433	0.468	0.535	0.600	0.662	0.787
0.56	0.231	0.283	0.334	0.382	0.425	0.464	0.503	0.576	0.643	0.720	0.855
0.58	0.242	0.299	0.354	0.404	0.452	0.497	0.540	0.621	0.700	0.774	0.922
0.60	0.252	0.315	0.374	0.431	0.483	0.531	0.577	0.665	0.754	0.835	1.09
0.62	0.263	0.331	0.397	0.457	0.513	0.566	0.617	0.713	0.808	0.895	1.07
0.64	0.275	0.347	0.417	0.483	0.544	0.602	0.657	0.760	0.861	0.962	1.16
0.66	0.285	0.364	0.439	0.511	0.577	0.640	0.700	0.814	0.922	1.03	1.24
0.68	0.297	0.381	0.462	0.539	0.611	0.680	0.740	0.868	0.989	1.10	1.33
0.70	0.308	0.398	0.486	0.566	0.645	0.720	0.797	0.922	1.05	1.18	1.42
0.72	0.319	0.415	0.509	0.597	0.680	0.760	0.835	0.976	1.14	1.26	1.53

0.74	0.330	0.433	0.534	0.627	0.720	0.801	0.832	1.04	1.19	1.33	1.62
0.76	0.342	0.451	0.559	0.660	0.754	0.848	0.935	1.10	1.27	1.42	1.73
0.78	0.353	0.470	0.584	0.693	0.794	0.888	0.983	1.16	1.33	1.51	1.84
0.80	0.365	0.488	0.610	0.727	0.835	0.942	1.01	1.23	1.41	1.60	1.95
0.82	0.376	0.507	0.636	0.760	0.875	0.989	1.10	1.30	1.49	1.69	2.07
0.84	0.388	0.526	0.653	0.794	0.915	1.04	1.15	1.27	1.57	1.78	2.19
0.86	0.399	0.545	0.693	0.828	0.962	1.08	1.20	1.44	1.66	1.88	2.32
0.88	0.411	0.565	0.720	0.868	1.03	1.14	1.27	1.51	1.75	1.99	2.44
0.90	0.422	0.586	0.747	0.902	1.05	1.19	1.33	1.59	1.84	2.09	2.58
0.92	0.434	0.604	0.774	0.942	1.10	1.25	1.39	1.67	1.94	2.20	2.70
0.94	0.445	0.625	0.808	0.983	1.14	1.31	1.45	1.75	2.04	2.25	2.86
0.96	0.458	0.646	0.841	1.02	1.20	1.32	1.53	1.84	2.13	2.43	3.02
0.98	0.469	0.667	0.868	1.06	1.25	1.42	1.60	1.92	2.24	2.55	3.16
1.00	0.481	0.686	0.895	1.10	1.30	1.49	1.66	2.01	2.34	2.67	3.32
1.05	0.511	0.740	0.983	1.21	1.43	1.64	1.85	2.24	2.62	2.99	3.74
1.10	0.540	0.801	1.06	1.33	1.57	1.81	2.05	2.49	2.92	3.34	4.18
1.15	0.569	0.855	1.15	1.44	1.72	1.99	2.25	2.75	3.24	3.71	4.65
1.20	0.600	0.915	1.25	1.57	1.83	2.18	2.48	3.03	3.58	4.11	5.17
1.25	0.630	0.976	1.34	1.70	2.05	2.38	2.71	3.33	3.94	4.53	5.71
1.30	0.660	1.04	1.44	1.84	2.22	2.59	2.95	3.60	4.32	4.97	6.29
1.35	0.686	1.10	1.54	1.98	2.40	2.81	3.20	3.97	4.72	5.45	6.86
1.40	0.720	1.17	1.65	2.13	2.59	3.04	3.49	4.33	5.15	5.94	7.54
1.45	0.747	1.24	1.76	2.28	2.79	3.28	3.77	4.70	5.59	6.47	8.21
1.50	0.781	1.31	1.87	2.44	3.00	3.54	4.06	5.08	6.07	7.00	8.95
1.55	0.808	1.38	1.99	2.61	3.22	3.80	4.37	5.48	6.56	7.60	9.69
1.60	0.841	1.45	2.11	2.79	3.45	4.08	4.70	5.92	7.07	8.21	10.5
1.65	0.875	1.53	2.24	2.97	3.68	4.37	5.05	6.34	7.60	8.83	11.3
1.70	0.902	1.60	2.37	3.16	3.92	4.67	5.40	6.80	8.21	9.56	12.2
1.75	0.935	1.63	2.51	3.35	4.18	4.99	5.77	7.34	8.75	10.2	13.1
1.80	0.962	1.76	2.64	3.55	4.44	5.31	6.14	7.81	9.42	11.0	14.1
1.85	0.996	1.84	2.79	3.70	4.72	5.65	6.56	8.35	10.0	11.7	15.1
1.90	1.02	1.92	2.93	3.93	5.00	6.00	7.00	8.88	10.7	12.6	16.2
1.95	1.06	2.01	3.09	4.20	5.30	6.37	7.40	9.42	11.4	13.4	17.2
2.00	1.08	2.10	3.25	4.43	5.94	6.73	4.87	10.0	12.1	14.2	18.3
2.10	1.15	2.28	3.57	4.91	6.24	7.54	8.82	11.3	13.7	16.1	20.7
2.20	1.20	2.47	3.92	5.42	6.93	8.41	9.83	12.6	15.3	18.0	23.4
2.30	1.27	2.67	4.28	5.96	7.60	9.29	10.9	14.1	17.1	20.2	26.1
2.40	1.33	2.87	4.66	6.54	8.41	10.30	12.0	15.5	19.0	22.5	29.1
2.50	1.39	3.08	5.06	7.13	9.22	11.3	13.3	17.2	21.0	24.9	32.3
2.60	1.45	3.30	5.48	7.81	9.50	12.4	14.6	19.0	23.2	27.5	35.7
2.70	1.52	3.53	5.92	8.48	11.0	13.5	16.0	20.9	25.5	30.2	39.3
2.80	1.53	3.76	6.39	9.15	12.0	14.1	17.4	22.7	28.0	33.0	43.1
2.90	1.64	4.00	6.86	9.89	13.0	16.0	19.0	24.8	30.5	36.1	47.2
3.00	1.70	4.26	7.40	10.7	14.1	17.4	20.6	27.0	33.2	39.3	51.4
3.20	1.83	4.79	8.41	12.3	16.3	20.3	24.1	31.7	39.0	46.4	60.8
3.40	1.95	5.36	9.56	14.1	18.8	23.4	27.9	36.7	45.6	54.0	70.7
3.60	2.03	5.96	10.8	16.2	21.5	26.9	32.2	42.4	52.6	62.5	82.1
3.80	2.21	6.60	12.2	18.2	24.4	30.6	36.7	48.7	60.6	72.0	94.9
4.00	2.33	7.27	13.6	20.5	27.7	34.7	41.7	55.3	68.6	82.0	108
4.50	2.64	9.09	17.6	27.0	36.7	46.3	55.8	74.7	91.5	110	146
5.00	2.95	11.2	22.3	34.7	47.3	60.0	72.7	97.6	122.0	145	193

(b) 不滿流圓形壅面時：

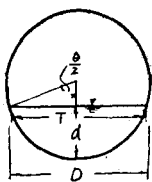
設圓形渠道断面之直徑D， $A = \alpha D^2$ ， $R = \beta D$ 則

$$\frac{Qn}{D^3/S^{1/2}} = \alpha\beta^2/s \dots\dots\dots (20)$$

設P=潤週，T=水面寬則通水断面積為

$$A = \frac{1}{2} \left\{ \frac{PD}{2} \mp T \left(\frac{D}{2} - d \right) \right\}$$

式中負號表示 $d < \frac{D}{2}$ ，正號表



圖八 圓形断面圖

示 $d > \frac{D}{2}$ ，d=水深

$$P = \pi D \theta / 360$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1}{4} \left\{ D \mp \frac{T}{P} (D - 2d) \right\}$$

$$T = 2\sqrt{Dd - d^2}$$

$$\alpha = \frac{A}{D^2} = \frac{1}{4} \left\{ \frac{\pi\theta}{360} \mp 2 \right\}$$

$$\sqrt{\frac{d}{D} - \frac{d^2}{D^2} \left(1 - 2 \frac{d}{D} \right)}$$

$$\beta = \frac{R}{D} = \frac{1}{4} \left\{ 1 \mp \frac{720}{\pi\theta} \right\}$$

$$\sqrt{\frac{d}{D} - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \left(1 - 2 \frac{d}{D} \right)}$$

.....(21)

由(21)式先計算對 d/D 值之 α, β 值, 再代入(20)式之右邊而計算則可得如表三。

表三 圓形渠道斷面水深直接計算表

$\frac{d}{D}$	$\alpha = \frac{A}{D^2}$	$\beta = \frac{R}{D}$	$\frac{\partial n}{D^{8/3} S^{1/2}}$	$\frac{d}{D}$	$\alpha = \frac{A}{D^2}$	$\beta = \frac{R}{D}$	$\frac{\partial n}{D^{8/3} S^{1/2}}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
1.01	0.0013	0.0066	0.00005	0.51	0.4027	0.2531	0.1608
0.02	0.0037	0.0132	0.00021	0.52	0.4127	0.2562	0.1662
0.03	0.0069	0.0197	0.00050	0.53	0.4227	0.2592	0.1716
0.04	0.0105	0.0292	0.00093	0.54	0.4327	0.2621	0.1770
0.05	0.0147	0.0325	0.00149	0.55	0.4426	0.2649	0.1824
0.06	0.0192	0.0389	0.00221	0.56	0.4526	0.2676	0.1878
0.07	0.0242	0.0451	0.00306	0.57	0.4625	0.2703	0.1932
0.08	0.0294	0.0513	0.00406	0.58	0.4724	0.2728	0.1985
0.09	0.0350	0.0575	0.00521	0.59	0.4822	0.2753	0.2040
0.10	0.0409	0.0635	0.00651	0.60	0.4920	0.2776	0.209
0.11	0.0470	0.0695	0.00795	0.61	0.5018	0.2799	0.215
0.12	0.0534	0.0755	0.00954	0.62	0.5115	0.2821	0.220
0.13	0.0600	0.0813	0.01127	0.63	0.5212	0.2842	0.225
0.14	0.0668	0.0871	0.01314	0.64	0.5303	0.2862	0.231
0.15	0.0739	0.0929	0.01514	0.65	0.5404	0.2882	0.236
0.16	0.0811	0.0985	0.01728	0.66	0.5499	0.2900	0.241
0.17	0.0885	0.1042	0.01958	0.67	0.5594	0.2917	0.246
0.18	0.0961	0.1097	0.0220	0.68	0.5687	0.2933	0.251
0.19	0.1039	0.1152	0.0246	0.69	0.5780	0.2946	0.256
0.20	0.1118	0.1206	0.0272	0.70	0.5872	0.2962	0.261
0.21	0.1199	0.1259	0.0302	0.71	0.5962	0.2975	0.266
0.22	0.1281	0.1312	0.0331	0.72	0.6054	0.2987	0.271
0.23	0.1365	0.1364	0.0361	0.73	0.6143	0.2998	0.275
0.24	0.1449	0.1416	0.0386	0.74	0.6231	0.3008	0.280
0.25	0.1535	0.1466	0.0427	0.75	0.6319	0.3017	0.285
0.26	0.1623	0.1516	0.0462	0.76	0.6405	0.3024	0.289
0.27	0.1711	0.1566	0.0498	0.77	0.6489	0.3031	0.293
0.28	0.1800	0.1614	0.0534	0.78	0.6573	0.3036	0.297
0.29	0.1890	0.1662	0.0571	0.79	0.6655	0.3039	0.301
0.30	0.1982	0.1709	0.0610	0.80	0.6736	0.3042	0.305
0.31	0.2074	0.1756	0.0650	0.81	0.6815	0.303	0.308
0.32	0.2167	0.1802	0.0691	0.82	0.6893	0.3043	0.312
0.33	0.2260	0.1847	0.0733	0.83	0.6969	0.3041	0.315
0.34	0.2355	0.1891	0.0779	0.84	0.7043	0.3038	0.318
0.35	0.2450	0.1935	0.0820	0.85	0.7115	0.3033	0.321
0.36	0.2546	0.1978	0.0864	0.86	0.7186	0.3026	0.324
0.37	0.2642	0.2020	0.0909	0.87	0.7254	0.3018	0.326
0.38	0.2739	0.2062	0.0956	0.88	0.7320	0.3007	0.328
0.39	0.2836	0.2102	0.1003	0.89	0.7384	0.2995	0.330
0.40	0.2934	0.2142	0.1053	0.90	0.7445	0.2980	0.332
0.41	0.3032	0.2182	0.1099	0.91	0.7504	0.2963	0.334
0.42	0.3130	0.2220	0.1147	0.92	0.7560	0.2944	0.335
0.43	0.3229	0.2258	0.1197	0.93	0.7612	0.2921	0.335
0.44	0.3328	0.2295	0.1248	0.94	0.7662	0.2895	0.335
0.45	0.3428	0.2331	0.1298	0.95	0.7707	0.2865	0.335
0.46	0.3527	0.2366	0.1353	0.96	0.7749	0.2829	0.334
0.47	0.3627	0.2401	0.1400	0.97	0.7785	0.2787	0.332
0.48	0.3727	0.2435	0.1456	0.98	0.7817	0.2735	0.329
0.49	0.3827	0.2468	0.1508	0.99	0.7841	0.2666	0.325
0.50	0.3927	0.2500	0.1561	1.00	0.7854	0.2500	0.312

由上表知 $\frac{d}{D}$ 達到 0.81, 0.82 之前 $\frac{R}{D}$ 值逐漸增大, 此表中 $\frac{R}{D}$ 最大值为 0.3043。 $\frac{d}{D}$ 值大於 0.81, 0.82 值時 $\frac{R}{D}$ 值反而漸減。 $\frac{d}{D} = 0.82$ 時流速最大。又 $\frac{Qn}{D^{8/3} S^{1/2}}$ 值於 $\frac{d}{D}$ 值達 0.92 至 0.95 前漸增, 表中 $\frac{Qn}{D^{8/3} S^{1/2}}$ 之最大值為 0.335。若 $\frac{d}{D}$ 值超出 0.92, 0.95 時 $\frac{Qn}{D^{8/3} S^{1/2}}$ 值反而逐減, $\frac{d}{D} = 0.94$ 時流量最大。又當 $\frac{Qn}{D^{8/3} S^{1/2}}$ 值在 0.312 ~ 0.335 之間時, $\frac{d}{D}$ 值在 0.82 ~ 1.00 之間, 故此間之水深有二值。

(c) 計算例：

(1) 求側坡 1 : Z = 1 : 1.5，微坡 S = 1/2000，底寬 b = 2m，流量 Q = 4.00m³/sec 梯形混凝土渠道之等流水深。

〔解〕：因構築渠道材料為混凝土由表一知其糙率 n = 0.014。

$$\therefore \frac{Qn}{b^{5/3}S^{1/2}} = \frac{4 \times 0.014}{(2^{5/3} \cdot 0.005^{1/2})} = 0.226$$

查表二、當 Z = 1.5 時

$$\frac{d}{b} = \frac{Qn}{b^{5/3}S^{1/2}}$$

0.37 0.226

$$\therefore \text{得 } \frac{d}{b} = 0.37$$

$$d = 0.37 \times b = 0.37 \times 2 = 0.72 \text{ (m)}$$

(2) 求直徑 D = 2.00m 縱坡 S = 1/400，流量 = 4.00m³/sec 混凝土渠道之等流水深

〔解〕：因構築渠道材料為混凝土由表一知其糙率 n = 0.014。

$$\therefore \frac{Qn}{D^{5/3}S^{1/2}} = \frac{4 \times 0.014}{2^{5/3}(0.0025)^{1/2}} = 0.1766$$

查表三得

$$\frac{d}{D} = \frac{Qn}{D^{5/3}S^{1/2}}$$

0.53 0.1716
0.53 + X 0.1766
0.54 0.1770

由插入法求得

$$(0.34 - 0.53) : X = (0.1770 - 0.1716) : (0.1766 - 0.1716)$$

$$\therefore X = 0.0093$$

$$\frac{d}{D} = 0.53 + 0.0093 = 0.4393$$

$$\therefore d = 0.5393 \times 2 = 1.0786 \approx 1.079 \text{ m}$$

D 出水高度 (Freeboard)

出水高度為渠道中計劃最高水位至岸頂之垂直距離，其目的乃防止渠外流入水致渠堤崩潰而設。一般對於出水高度之決定有如下之規定。

1. 計劃最高水位上之出水高度以水深之三分之一為標準。
2. 暫時性之高水位，取其水深十分之一為出水高度，但不得小於15公分。
3. 重要渠道為安全起見，必要時其出水高可增至水深之二分之一。

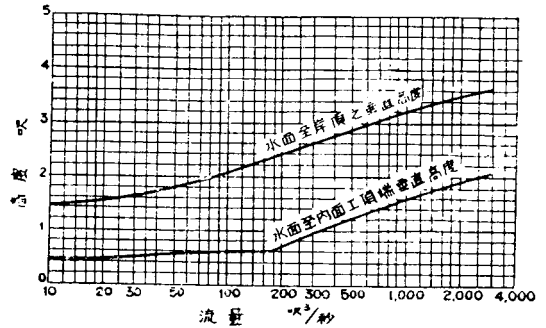
4. 根據美國墾務局推薦無內面工渠道出水高度之初步推測可利用以下公式：

$$F_b = \sqrt{cd} \dots\dots\dots (22)$$

式中 F_b = 出水高 (m)

d = 水深 (m)

c 值當渠道水量在 0.57 秒立方公尺時為 0.453，水量在 85 秒立方公尺時為 0.763。又對於內面工渠道之岸高與出水高有如圖九之標準。



圖九 美國墾務局推荐之出水高與內面工渠道之岸高

E 渠道断面設計例

(1) 設一係全部在挖土部份，且經過粘質壤土之梯形渠道，並依其地形知渠底縱坡為 1/2,000，擬輸送之流量為 4m³/sec，試決定其断面。

- 〔解〕：1. 選擇渠道側坡：因渠道全在挖土部份由二，2，b 得知其側坡應為 1 : Z = 1 : 1
2. 選定糙率(n)：由表一選定糙率 n = 0.025
3. 假定底寬：假定底寬為 2m

4. 計算 $\frac{Qn}{b^{5/3}S^{1/2}}$

$$\frac{Qn}{b^{5/3}S^{1/2}} = \frac{4 \times 0.025}{(2^{5/3} \cdot 0.0005)^{1/2}} = \frac{0.100}{0.142} = 0.704$$

5. 查表二：當 Z = 1 時得

$$\frac{d}{b} = \frac{Qn}{b^{5/3}S^{1/2}}$$

0.72 0.680
0.72 + X 0.704
0.74 0.720

由插入法得

$$(0.74 - 0.72) : X = (0.720 - 0.680) : (0.704 - 0.680)$$

$$X = 0.012$$

$$\frac{d}{b} = 0.72 + 0.012 = 0.732$$

$$d = 0.732 \times b = 0.732 \times 2 = 1.464(\text{m})$$

6. 計算平均流速：

$$A = \frac{(b + Zd)d}{5.08} = \frac{(2 + 1 \times 1.464)1.464}{5.08}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4.00}{5.08} = 0.788(\text{m/sec})$$

7. 檢討容許平均流速

因粘質壤土之容許最大平均流速 0.9m/sec ，而本例所得之流速為 0.788m ，故稱渠道對冲刷已具安全。又因其最小容許平均流速為 0.6m ，故對淤積亦稱安全。若所算出之平均流速大於 0.90m ，或小於 0.6m 則尚重新假定斷面底寬或減緩或增陡縱坡，或加內面工保護之。

8. 探討水流狀態：設該斷面之臨界水深為 d_c ，則由公式(2)或圖四得：

$$\frac{\alpha Q^2}{b^5} = \frac{1.1 \times 4^2}{(2)^5} = \frac{17.6}{32} = 0.55$$

當側坡為 1 : 1 時，從圖四得

$$\frac{d_c}{b} = 0.34$$

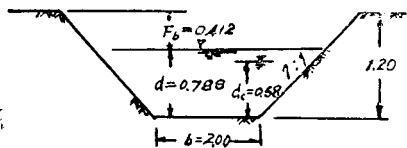
$$\therefore d_c = 0.34 \times 2 = 0.68(\text{m})$$

本例所計得之水深 $0.788\text{m} > 0.68\text{m}$ 故稱渠道之水流為常流，其水深稱為常流水深 (Subcritical flow depth)。

9. 出水高度之決定：

因計得之水深為 0.788m ，其出水高定為 $\frac{1}{3}$ 水深

則 $F_b = 0.788 \times \frac{1}{3} = 0.262$ 。或利用公式(22)計算 $F_b \sqrt{cd} = \sqrt{0.485 \times 0.788} = 0.618$ ，因懸殊太大，設 $F_b = 0.412\text{m}$ (因欲使岸為整數高度)，故得其斷面如圖十。



圖十 本例設計斷面圖

(2) 設一渠道係圓形混凝土管製成，知其縱坡為 $1/500$ ，擬輸送流量為 $4\text{ m}^3/\text{sec}$ ，試決定其尺寸。

[解]：1. 選定糙率(n)，由表一選定糙率為 0.014

2. 假定圓管直徑，假定直徑 $D = 2.00\text{m}$

3. 計算 $\frac{Qn}{D^{8/3}S^{1/2}}$

$$\frac{Qn}{D^{8/3}S^{1/2}} = \frac{4 \times 0.014}{(2)^{8/3}(0.002)^{1/2}} = \frac{0.056}{0.0447} = 0.284$$

4. 查表三得

$$\frac{d}{D} = \frac{Qn}{D^{8/3}S^{1/2}}$$

$$0.74 = 0.280$$

$$0.74 + X = 0.284$$

$$0.75 = 0.285$$

由插入法得

$$(0.75 - 0.74) : X = (0.285 - 0.280) : (0.284 -$$

$$0.280)$$

$$X = 0.008$$

$$\therefore \frac{d}{D} = 0.74 + 0.008 = 0.748$$

$$d = 0.748 \times D = 0.748 \times 2 = 1.496(\text{m})$$

5. 計算平均流速

由表三得

$$\alpha = \frac{A}{D^2} = \frac{Qn}{D^{8/3}S^{1/2}}$$

$$0.6231 = 0.280$$

$$0.6231 + X = 0.284$$

$$0.6319 = 0.285$$

由插入法得

$$(0.6319 - 0.6231) : X = (0.285 - 0.280) : (0.284 - 0.280)$$

$$\therefore X = 0.00604$$

$$\therefore \alpha = \frac{A}{D^2} = 0.6231 + 0.00604 = 0.62914$$

$$A = 0.62914 \times D = 0.62914 \times 2^2 = 2.517$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4.00}{2.517} = 1.59(\text{m/sec})$$

本例所得流速小於混凝土材料渠道容許最大平均流速 4.00m/sec 故稱安全。

7. 水流狀態之探討：由公式(3)得

$$\frac{Q}{D^{2.5}} = \frac{4.00}{(2)^{2.5}} = \frac{4.00}{5.65} = 0.708$$

由圖五得

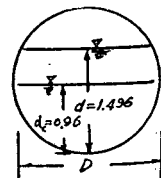
$$\frac{d_c}{D} = 0.48$$

$$\therefore d_c = 0.48 \times 2 = 0.96\text{m}$$

本例所計之水深為 1.496m ，

而臨界水深為 0.96m ，故稱其水流為常流，其水深稱常流水深

(Subcritical flow)，其設計斷面如圖十一。



圖十一 本例設計斷面圖

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基準第三部第五篇 日本農林省農地局
4. 水利工程設計應用手冊 臺灣省水利局
5. 灌溉工程設計講義(未出版) 洪有才
6. Hydraulics King wisler woodburn