

# 山坡地滯洪池入流量歷線基期之探討

余 濬/台灣省水利技師公會常務監事

## 壹、前言

依據「水土保持技術規範」(行政院農業委員會, 2003), 山坡地滯洪池之滯洪量計算方法採用三角單位歷線法, 其中入流量歷線之尖峰入流量為 50 年頻率開發後逕流量  $Q_p$ , 而允許之尖峰出流量為 25 年頻率開發前逕流量  $q_p$ , 其水理計算甚為簡便, 係設定滯洪池之入流量歷線為三角形, 其尖峰入流量為  $Q_p$ , 尖

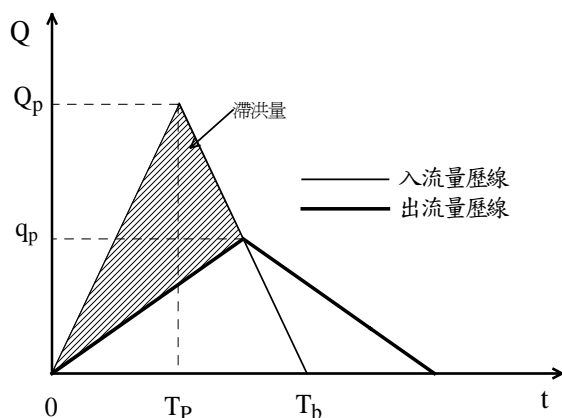


圖 1.1 滯洪池入流量及出流量歷線圖

峰入流量到達時間為  $T_p$ , 基期為  $T_b$ , 滯洪池排放孔口之尖峰出流量為  $q_p$ , 其出流量歷線亦設定為三角形, 其圖形如下圖 1.1。

由圖 1.1, 斜線之面積即為滯洪池之滯洪量, 因此其滯洪量為:

$$S = \frac{T_b \times Q_p}{2} - \frac{T_b \times q_p}{2} = \frac{T_b}{2} (Q_p - q_p) \quad (1.1)$$

(1.1) 式中  $S$  = 滯洪量,  $Q_p$  = 滯洪池之尖峰入流量,  $q_p$  = 排放孔口之尖峰出流量,  $T_b$  = 入流量歷線之基期。當  $Q_p$  與  $q_p$  之單位為 cms,  $T_b$  之單位為 hr,  $S$  之單位為  $m^3$ , 則(1.1)式為

$$S = \frac{T_b}{2} (Q_p - q_p) \times 3600 \quad (m^3) \quad (1.2)$$

「水土保持技術規範」同時並規定入流量歷線之基期  $T_b$ , 未滿 1 小時需以 1 小時計, 惟規範中未規定基期如何計算, 而影響基期之最重要因子即為整場雨之降雨時間, 規範中又未規定入流量歷線之整場雨降雨時間, 以致使得基期之計算無一定標準, 常造成工程師設計時之困擾。

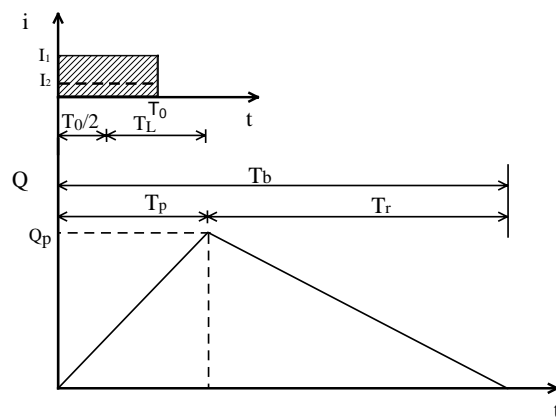


圖 2.1 SCS 流量歷線圖

## 貳、SCS 流量歷線之基期

關於滯洪池入流量歷線基期  $T_b$  之計算, 於水土保持計畫中常見採用 SCS 流量歷線之方法, 其圖形如下圖 2.1。其中

$$Q_p = \frac{P_e \times A}{180(1+1.67) T_p} = \frac{0.00208 P_e A}{T_p} \quad (2.1)$$

$$T_p = T_c^{0.5} + 0.6 T_c \quad (2.2)$$

$$T_b = T_p + T_r = T_p + m T_p = T_p + 1.67 T_p = 2.67 T_p = 2.67 (T_c^{0.5} + 0.6 T_c) \quad (2.3)$$

式中,  $Q_p$  = 尖峰流量 (cms),  $A$  = 集水區集

水面積 (ha),  $T_p$ =尖峰流量到達時間 (hr),  $T_b$ =流量歷線之基期,  $T_0$ =降雨時間 (hr),  $I_1$ =均勻降雨強度 (mm/hr),  $I_0$ =均勻入滲率 (mm/hr),  $I_r=I_1 - I_0$ =超滲降雨強度,  $Pe=I_r \cdot T_0$ =超滲降雨量 (mm),  $T_c$ =集流時間 (hr)。

由 (2.1) 式中, 其尖峰流量為  $Q_p=0.00208PeA/T_p$ , 與合理化公式求得之  $Q_p$  其物理意義並不同。由 (2.2) 式、(2.3) 式不同之  $T_c$  與  $T_b$  關係可整理如表 2.1。

表 2.1 SCS 歷線  $T_c$  與  $T_b$  關係表

$T_c$ (min)	$T_c$ (hr)	$T_p=T_c^{0.5} + 0.6 T_c$ (hr)	$T_b=2.67T_p$ (hr)	$T_b$ (min)
1	0.0167	0.1392	0.3717	22
2	0.0333	0.2025	0.5407	32
3	0.0500	0.2536	0.6771	41
4	0.0667	0.2983	0.7965	48
5	0.0833	0.3386	0.9041	54
6	0.1000	0.3762	1.0045	60
10	0.1667	0.5083	1.3572	81
12	0.2000	0.5672	1.5144	91
15	0.2500	0.65	1.7355	104
20	0.3333	0.7773	2.0754	125
30	0.5000	1.0071	2.6890	161

### 參、合理化方式

在 (1.2) 式中之  $Q_p$ , 係依據「水土保持技術規範」(行政院農業委員會, 2003)第 17 條規定, 係採用合理化公式計算求得, 因此公式中之  $T_b$  亦應配合相同之降雨強度公式予以計算  $T_b$ 。合理化公式如下,

$$Q_p = \frac{1}{360} C I_t^T A \quad (3.1)$$

式中,  $Q_p$ =尖峰流量(cms),  $C$ =逕流係數,

$I_t^T$ =降雨強度(mm/hr),  $A$ =集水區面積(ha)。當降雨時間  $t=T_0=T_c$ , 基期  $T_b=2T_c$ , 其流量歷線如

下圖 3.1 所示。

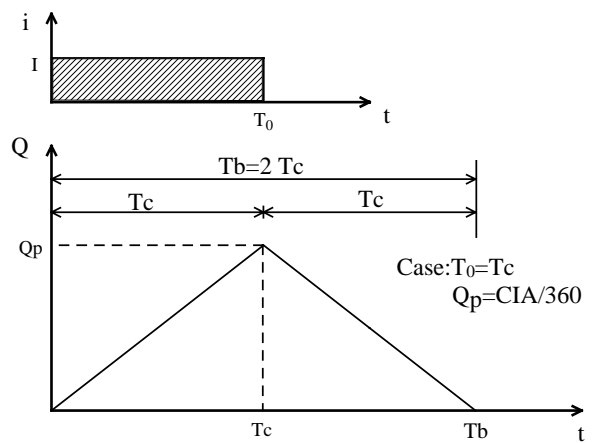


圖 3.1 合理化公式線性化流量歷線( $T_0=T_c$ )

由於實際降雨時, 整場雨不可能從頭至尾其降雨強度皆為均勻, 因此可利用降雨強度公式先推算出設計雨型, 然後再求得流量歷線。

### 肆、案例比較

由第貳節表 2.1 可知, 以 SCS 流量歷線法計算基期  $T_b$  時, 當集流時間  $T_c \leq 6$  分, 其  $T_b \leq 1$  小時, 當  $T_c > 6$  分, 其  $T_b > 1$  小時, 以下以  $T_c=5$  分、 $T_c=20$  分為例, 探討「水土保持技術規範」(行政院農業委員會, 2003)規定之  $T_b$  值與採用設計雨型兩者在逕流歷線其逕流體積之差異。

設有一集水區集水面積為  $A=1.0$  公頃, 開發後逕流係數  $C=0.95$ , 年平均降雨量  $P=4,000$ mm, 頻率年  $T=50$  年, 依據「水土保持技術規範」(行政院農業委員會, 2003)無因次降雨強度公式為,

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A_0}{(t + B)^{C_0}} \quad (4.1)$$

$$I_{60}^{25} = \left( \frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2 \quad (4.2)$$

$$A_0 = \left( \frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2 \quad (4.3)$$

$$B = 55 \quad (4.4)$$

$$C_0 = \left( \frac{P}{-381.7 + 1.45P} \right)^2 \quad (4.5)$$

$$G = \left( \frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2 \quad (4.6)$$

$$H = \left( \frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2 \quad (4.7)$$

將  $P=4,000$ ,  $T=50$  代入 (4.1) 式 ~ (4.7) 式得，

$$I_t^{50} = \frac{1541.92}{(t + 55)^{0.54500}} \quad (4.8)$$

#### 4.1 當 $T_c=5$ 分 ( $T_c \leq 6$ 分)

##### (A) 設計雨型

採用  $T_0=T_c=5$  分，總降雨時間  $T_d=11T_0=55$  分，則  $T_b=55+5=60$  分，其設計雨型與利用 (4.8) 式求得  $Q_b$  如表 4.1，將  $t$  與  $Q_b$  繪如圖 4.1 所示。

表 4.1 設計雨型與  $Q_b$  關係表

t(分)	$I_t^{50}$ (mm/hr)	雨型I(mm/hr)	$Q_b$ (cms)		
5	a	165.57	a	165.57	0.437
10	b	158.50	2b-a	151.43	0.400
15	c	152.22	3c-2b	139.66	0.369
20	d	146.61	4d-3c	129.78	0.342
25	e	141.54	5e-4d	121.26	0.320
30	f	136.94	6d-5e	113.94	0.301
35	g	132.74	7g-6f	107.54	0.284
40	h	128.89	8h-7g	101.94	0.269
45	i	125.33	9i-8h	96.85	0.256
50	j	122.04	10j-9i	92.43	0.244
55	k	118.99	11k-10j	88.49	0.234

當總降雨時間  $t = T_d$  (單位為分) 所之造成之逕流體積  $S_1$  可表示為

$$S_1 = P \times A \times C = I_{T_d}^{50} \times \frac{T_d}{60} \times A \times C$$

當 A 單位為公頃，則上式為，

$$S_1 = \frac{I_{T_d}^{50}}{1000} \times \frac{T_d}{60} \times (A \times 10000) \times C$$

$$= \frac{1}{6} \times I_{T_d}^{50} \times T_d \times A \times C \quad (m^3) \quad (4.9)$$

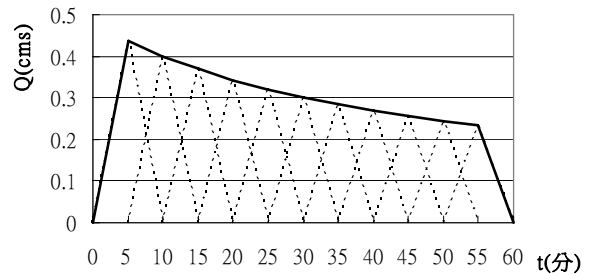


圖 4.1 設計雨型入流量歷線圖

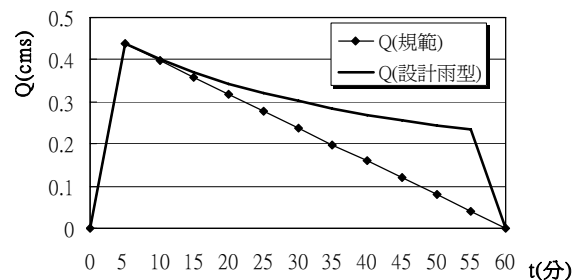


圖 4.2 入流量歷線比較圖

##### (B) 「水土保持技術規範」

$$I_5^{50} = \frac{1541.92}{(5 + 55)^{0.54500}} = 165.57 \text{ mm/hr}$$

$$Q = \frac{1}{360} C I_5^{50} A = \frac{1}{360} \times 0.95 \times 165.57 \times 1.0$$

$$= 0.437 \text{ cms}$$

依表 2.1，當  $T_c=5$  分， $T_b=54$  分  $< 60$  分，採用  $T_b=60$  分，將「水土保持技術規範」入流量歷線與圖 4.1 設計雨型入流量歷線繪如圖 4.2。

當  $t = T_c$  (單位為分)，「水土保持技術規範」入流量歷線之逕流體積  $S_2$  可表示為

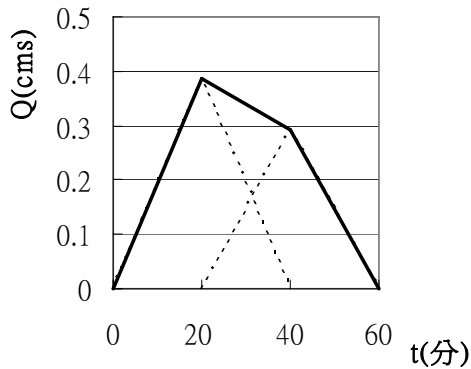
$$S_2 = \frac{1}{360} C \times I_{T_c}^{50} \times A \times \frac{T_b}{2}$$

當  $T_b$  單位為分，A 單位為公頃，則上式為，

$$S_2 = \frac{1}{360} C \times I_{T_c}^{50} \times A \times \frac{T_b \times 60}{2}$$

$$= \frac{1}{12} C \times I_{T_c}^{50} \times A \times T_b \quad (4.10)$$

圖 4.3 設計雨型入流量歷線圖



(C) 逕流體積比較

將「水土保持技術規範」入流量歷線之逕流體積  $S_2$ ，除以設計雨型入流量歷線之逕流體積  $S_1$ ，亦即 (4.10) 式除以 (4.9) 式可得其比例 FS，

$$FS = \frac{S_2}{S_1} = \frac{1}{2} \frac{I_{T_c}^{50} \times T_b}{I_{T_d}^{50} \times T_d} \quad (4.11)$$

利用 (4.11) 式，本例之 FS 為，

$$FS = \frac{1}{2} \times \frac{165.57 \times 60}{118.99 \times 55} = 0.759$$

4.2 當  $T_c=20$  分 ( $T_c > 6$  分)

(A) 設計雨型

採用  $T_0=T_c=20$  分，總降雨時間  $T_a=2T_0=40$  分，則  $T_b=40+20=60$  分，其設計雨型與  $Q_p$  計算如表 4.2，將  $t$  與  $Q_p$  繪如圖 4.2 所示。

(B) 「水土保持技術規範」

$$I_{20}^{50} = \frac{1541.92}{(20 + 55)^{0.54500}} = 146.61 \text{ mm/hr}$$

$$Q_{pp} = \frac{1}{360} CI_5^{50} A$$

$$= \frac{1}{360} \times 0.95 \times 146.61 \times 1.0 = 0.387 \text{ cms}$$

依表 2.1，當  $T_c=20$  分，採用  $T_b=125$  分，將「水土保持技術規範」入流量歷線與圖 4.3 設計雨型入流量歷線繪如圖 4.4。

(C) 逕流體積比較

利用 (4.11) 式，本例之 FS 為，

表 4.2 設計雨型與  $Q_p$  關係表

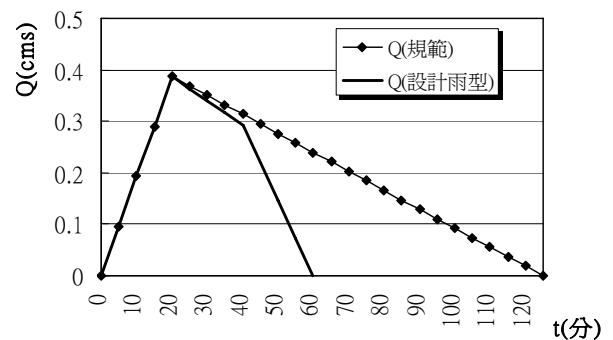
t (分)	$I_r^{50}$ (mm/hr)	雨型 I (mm/hr)	$Q_p$ (cms)
20	a	146.61	0.387
40	b	128.89	0.293

$$FS = \frac{1}{2} \times \frac{146.61 \times 125}{128.89 \times 40} = 1.777$$

伍、綜合比較

同第肆節計算方法，將年平均降雨量分為  $P=4000, 3500, 3000$  與  $2500\text{mm}$  等 4 種狀況，以及將集流時間分為  $T_c=1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20$  與  $30$  等 11 種情況，利用 (4.11)

圖 4.4 入流量歷線比較圖



式計算當頻率年  $T=50$  時之 FS，其結果整理如下表 5.1~表 5.4，圖形整理如圖 5.1~圖 5.3。

表 5.1 入流量歷線逕流體積比較表 (P=4000mm)

P (mm)	t=T <sub>c</sub> (min)	水土保持規範		設計雨型			FS
		I <sub>Tc</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	T <sub>b</sub> (min)	T <sub>d</sub> (min)	I <sub>Td</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	備註 T <sub>b</sub> (min)	
4000	1	171.91	60	59	116.69	60	0.749
	2	170.26	60	58	117.26	60	0.751
	3	168.65	60	57	117.83	60	0.753
	4	167.09	60	56	118.40	60	0.756
	5	165.57	60	55	118.99	60	0.759
	6	164.08	60	54	119.58	60	0.762
	10	158.50	81	50	122.04	60	1.052
	12	155.90	91	48	123.33	60	1.198
	15	152.22	104	45	125.33	60	1.403
	20	146.61	125	40	128.89	60	1.777
	30	136.94	161	30	136.94	60	2.683

註：P=4000mm 之無因次降雨強度公式為  $1541.92/(t+55)^{0.54500}$ 。

表 5.2 入流量歷線逕流體積比較表 (P=3500mm)

P (mm)	t=T <sub>c</sub> (min)	水土保持規範		設計雨型			FS
		I <sub>Tc</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	T <sub>b</sub> (min)	T <sub>d</sub> (min)	I <sub>Td</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	備註 T <sub>b</sub> (min)	
3500	1	170.14	60	59	114.58	60	0.755
	2	168.47	60	58	115.14	60	0.757
	3	166.85	60	57	115.71	60	0.759
	4	165.27	60	56	116.29	60	0.761
	5	163.73	60	55	116.88	60	0.764
	6	162.23	60	54	117.47	60	0.767
	10	156.60	81	50	119.94	60	1.058
	12	153.99	91	48	121.23	60	1.204
	15	150.28	104	45	123.24	60	1.409
	20	144.62	125	40	126.81	60	1.782
	30	134.90	161	30	134.90	60	2.683

註：P=3500mm 之無因次降雨強度公式為  $1596.01/(t+55)^{0.55614}$ 。

表 5.3 入流量歷線逕流體積比較表 (P=3000mm)

P (mm)	t=T <sub>c</sub> (min)	水土保持規範		設計雨型			FS
		I <sub>Tc</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	T <sub>b</sub> (min)	T <sub>d</sub> (min)	I <sub>Td</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	備註 T <sub>b</sub> (min)	
3000	1	167.85	60	59	111.81	60	0.763
	2	166.16	60	58	112.38	60	0.765
	3	164.52	60	57	112.95	60	0.767
	4	162.92	60	56	113.53	60	0.769
	5	161.36	60	55	114.12	60	0.771
	6	159.85	60	54	114.72	60	0.774
	10	154.15	81	50	117.19	60	1.065
	12	151.50	91	48	118.49	60	1.212
	15	147.76	104	45	120.51	60	1.417
	20	142.04	125	40	124.09	60	1.789
	30	132.24	161	30	132.24	60	2.683

註：P=3000mm 之無因次降雨強度公式為  $1675.23/(t+55)^{0.57153}$ 。

表 5.4 入流量歷線逕流體積比較表 (P=2500mm)

P (mm)	t=T <sub>c</sub> (min)	水土保持規範		設計雨型			FS
		I <sub>Tc</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	T <sub>b</sub> (min)	T <sub>d</sub> (min)	I <sub>Td</sub> <sup>50</sup> (mm/hr)	備註 T <sub>b</sub> (min)	
2500	1	164.82	60	59	108.04	60	0.776
	2	163.10	60	58	108.61	60	0.777
	3	161.42	60	57	109.18	60	0.778
	4	159.79	60	56	109.77	60	0.780
	5	158.20	60	55	110.36	60	0.782
	6	156.66	60	54	110.96	60	0.784
	10	150.85	81	50	113.45	60	1.077
	12	148.16	91	48	114.75	60	1.224
	15	144.36	104	45	116.79	60	1.428
	20	138.56	125	40	120.40	60	1.798
	30	128.63	161	30	128.63	60	2.683

註：P=2500mm 之無因次降雨強度公式為  $1801.92/(t+55)^{0.59417}$ 。

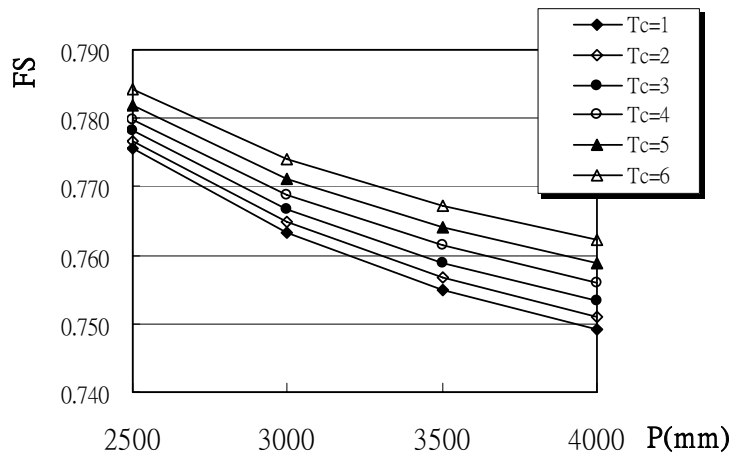


圖 5.1 FS 比較圖 (Tc=1~6 分)

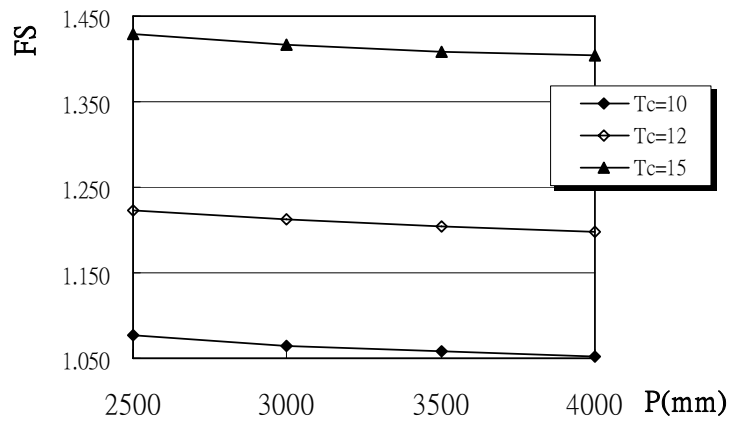


圖 5.2 FS 比較圖 (Tc=10 分~15 分)

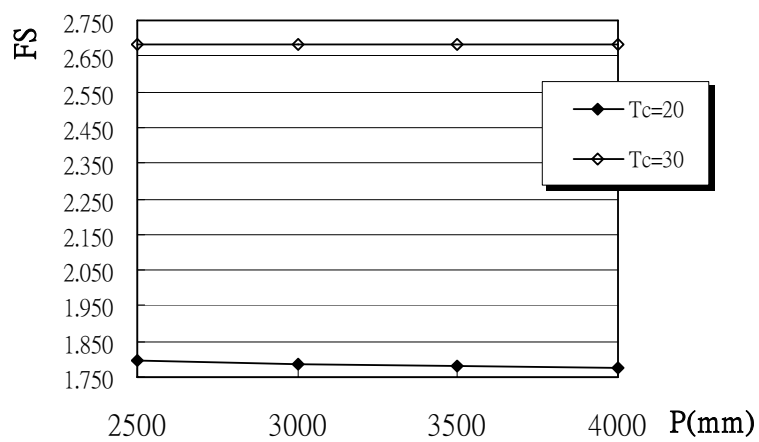


圖 5.3 FS 比較圖 (Tc=20~30 分)

## 陸、結論與探討

一、「水土保持技術規範」中對於滯洪池入流量歷線之基期  $T_b$ ，規定  $T_b \leq 1$  小時需採用 1 小時，而對於  $T_b$  如何計算，則未有規定。常見水土保持計畫中，採用 SCS 歷線之  $T_b = 2.67(T_c^{0.5} + 0.6T_c)$  代之，惟 SCS 歷線之尖峰流量係為  $Q_p = \frac{0.00208P_e A}{T_p}$ ，而非以合理化公式  $Q_p = CIA/360$  所求算者，其兩者代表之物理意義不同，若予以混用，則結果誤差必大。

二、為探討基期採用  $T_b = 2.67(T_c^{0.5} + 0.6T_c)$  之誤差，茲以頻率年  $T = 50$  年，並依據無因次降雨強度公式，比較「水土保持技術規範」與設計雨型兩種方法之滯洪池入流量歷線逕流體積比 FS，可得如下結論：

- (1) 當  $T_c \leq 6$  分，將「水土保持技術規範」與設計雨型兩種方法同樣採用  $T_b = 60$  分子以比較，由圖 5.1 可知，此時 FS 皆小於 1.0，此亦即反映出「水土保持技術規範」之入流量歷線規定  $T_b \leq 1$  小時需採用 1 小時其逕流體積較小，若依此設計，則安全性不足。
- (2) 當  $T_c > 6$  分，將「水土保持技術規範」法之基期採用  $T_b = 2.67(T_c^{0.5} + 0.6T_c)$ ，而設計雨型法仍採用  $T_b = 60$  分子以比較，由圖 5.2 與圖 5.3 可知，此時 FS 皆大於 1.0，此亦即反映出「水土保持技術規範」之入流量歷線採用  $T_b = 2.67(T_c^{0.5} + 0.6T_c)$ ，其逕流體積較大，若依此設計，則過於保守。

三、入流量歷線之基期  $T_b$  為求算滯洪量  $S$  之重要因子，建議「水土保持技術規範」於修訂時，予以明定  $T_b$  之求算方法，俾利編製水土保持計畫時統一參照採用。

## 參考文獻

王茂興(1989)「坡地雨水調節池設計概論」現代營建。

王茂興(1990)「雨水滯留池設計重點之探討」現代營建。

行政院農委會(2003)，水土保持技術規範。  
余濬、吳瑞賢(2000)，「正方形出水孔口之滯洪池容量無因次化分析」，第 11 屆水利工程研討會，pp.K29-34。

余慶璋、吳瑞賢、余濬(1999)，「滯流池設計問題之探討」，第 10 屆水利工程研討會。

呂紹淵、黃材成、顏介皇(1992)，「山坡地開發調節池容量設計之研究」，第 6 屆水利工程研討會，pp.205-216。

吳瑞賢、余濬(1996)，「台灣地區山坡地滯留池容量計算方法之比較研究」，台灣水利季刊，第 44 卷第 1 期，pp.53-63。

陳正炎、張三郎、陳蕃若、黃宏信(1998a)，「滯洪池滯洪容量理論解析之探討」，中華水土保持學報，第 29 卷第 2 期，pp.115-126。

陳正炎、林致遠、藍令才、陳志成(1998b)，「矩形出口式滯洪壩最小滯洪容積之研究」，興大工程學報，第 9 卷第 1 期，pp.35-46。

陳正炎、盧昭堯、何智武、王傳益(1998c)，「矩形出口式滯洪池滯洪容積之實驗研究」，中國土木水利工程學刊，第 10 卷第 4 期，pp.795-802。

莊聿今、王茂興(1991)，「山坡地雨水滯留池容量研究」中興工程，第 30 期。

黃宏斌、張三郎、吳正雄(1996)，「調節池設計之探討」，中華水土保持學報，第 27 卷第 1 期，pp.39-46。

游進裕(1998)，「合理法滯洪量設計方法與比較」，第 9 屆水利工程研討會，H61-H68。

游進裕、吳一新(1998)，「水土資源開發計畫之輔助工具應用——合理法中滯洪量設計方法之評析」，中華水土保持學報，第 29 卷第 2 期，pp.141-156。



鄭克聲、陳葦庭、葉惠中(1999), “坡地開發滯留池之水文設計探討”, 台灣水利季刊, 第 47 卷第 4 期。

下水道雨水調整池技術基準(案)(昭和 59 年), 日本下水道協會。

雨水貯留施設之計畫與設計(昭和 61 年), 都市水文研究, 山海堂。

調節池之計畫與設計(昭和 63 年), 都市水文研究, 山海堂。

Akan, A. O., Al-Muttair, F. F., and Al-Turbak, A. S. (1987), “Design Aid for Detention Basins,” Design of hydraulic structures Proc. Int. Symp. Colorado State University, pp.177-182.

Akan, A. O. (1990), “Single-Outlet Detention-pond Analysis and Design,” J. Irrigation and Drainage Engrg., ASCE, 116(4), pp.527-536.